

Aplicación de análisis Multicriterio para la Determinación del riesgo por inundación utilizando el software ArcGIS Pro, en el municipio en Ibagué, Tolima

Carlos Alberto Cruz Suarez, cacruz@unadvirtual.edu.co

Luis Fernando Rodríguez Moreno, lfrodriguezmoreno@unadvirtual.edu.co

Directora: Evangelina Parra, evangelina.parra@unad.edu.co

Resumen

El uso de herramientas tecnológicas para la gestión del ordenamiento y planeación del territorio con el fin de desarrollar estrategias para la conservación de la biodiversidad y garantizando la supervivencia de los habitantes del municipio de Ibagué mediante la toma de datos geoespaciales y llevarlos a la representación cartográfica para la interpretación y análisis de los acontecimientos agroclimáticos como son las lluvias y sus efectos sobre dicho municipio.

La metodología usada para la realización de los mapas fue mediante el software libre de ArcGIS Pro, mediante este programa se realizó cada una de las capas de diseño proporcionando la información correspondiente a precipitaciones del mes de noviembre del año 2023, coberturas de tierra, aguas y diversidad natural, población vulnerable. La creación de los ráster y polígonos mediante las herramientas proporcionadas por el software libre dieron por resultado el mapa Riesgo por Inundación, la simplificación de datos puede arrojar una visualización de clara de cómo ésta organizada la información correspondiente a cada tipo de riesgo por colores identificando el nivel menos crítico hasta el más riesgoso para la población en general y el ecosistema, para la toma de decisiones y las recomendaciones pertinentes.

Palabras claves: Riesgo, Inundación, Precipitaciones, cartografía, software. Ibagué, noviembre

Introducción

Mediante el uso de softwares libres de diseño e interpretación de datos espaciales poder generar una investigación sencilla mediante interpretación de capas con el fin de dar a conocer las características ambientales de la región.

El objetivo de este estudio es representar los diferentes procesos y los hallazgos realizados mediante el uso del software ArcGIS donde se presenta el estudio de las diferentes capas obtenidas, mediante los Geoprocesos y presentando el mapa de riesgo por inundación del municipio de Ibagué en el departamento del Tolima, Colombia, ubicado en la región andina, este municipio al estar ubicado bajo la falda de

la cordillera central se evidencia las posibles causas de Inundación por la afectación de inviernos prolongados y crecidas súbitas de las principales cuencas hidrográficas de la región y sus afluentes. ((Aragón-Durand, 2014)

La vulnerabilidad del municipio de Ibagué con respecto a inundaciones repercute en la interacción social en cada uno de los factores ambientales sin dejar de lado el riesgo por las vías naturales, es importante tener en cuenta los POT que se diseñan para mantener un ambiente armonioso tanto social. Político, económico y amigable con el ambiente natural, como lo indica ((LARA & VASQUEZ, 2014)

La problemática planteada puede evidenciar los posibles riesgos por inundación en el municipio de Ibagué y sus alrededores por el incremento de precipitaciones en el mes de noviembre, el uso del Software libre de ArcGIS Pro tiene ventajas en la modelación digital con el fin de determinar y calcular características presentes en la actual época y ser representadas para un diagnóstico del panorama de riesgo del municipio de Ibagué y sus alrededores, como indica ((López Vargas, 2018) pg. 33, entre tanto también se puede evaluar y generar soluciones para establecer antes y durante los sucesos de riesgo por inundación o desastres naturales.

Objetivos

Objetivo General

Aplicar el análisis Multicriterio para la Determinación del riesgo por inundación utilizando el software ArcGIS Pro, en el municipio en Ibagué, Tolima

Objetivos Específicos

1. Desarrollar mediante el Software ArcGIS, el diseño de la gráfica Riesgo

por Inundación del municipio de Ibagué aplicando el modelo cartográfico.

2. analizar detalladamente los resultados obtenidos en la gráfica Riesgo por Inundación del municipio de Ibagué,
3. Generar análisis con respecto a las condiciones ambientales y como estas son causadas por la sociedad y los factores agroclimáticos que se viven en la actualidad.

Identificación del caso de estudio

El municipio de Ibagué tiene diferentes características geográficas y condiciones topográficas con respecto a su relieve, altitud, clima como lo indica ((Cortolima, 2023)), la principal sostenibilidad del municipio se le adjudica a la actividad agrícola seguida del turismo gracias a sus numerosos sitios y el paisajismo que se puede apreciar en todo su esplendor otras actividades económicas son el comercio e industria. (DANE, 2022)

Ibagué comparte diferentes aspectos de riesgos por su ubicación geográfica, una de ellas es ser municipio de influencia por estar cerca al volcán cerro machín como uno de los principales volcanes dormidos que afectarían a diferentes poblaciones en una posible erupción, (Mora & Díaz, 2012), este tipo de riesgos serían sucesos naturales no influenciados por el cambio climático o actividades de tipo social como lo son POT y las actividades económicas de los lugareños, tales como deforestación y uso excesivo de la frontera agrícola.

Para el desarrollo del proceso de representación de capas de clima y riesgo por inundación del municipio de Ibagué fue tomado el mes de noviembre del año 2023 como mes de altas precipitaciones (Cortolima, 2023) para ese año. Durante el desarrollo del diseño de cada una de las capas se tuvo en cuenta los factores de riesgo de inundación, por ser Ibagué una ciudad que ésta ubicada muy cerca a la cordillera

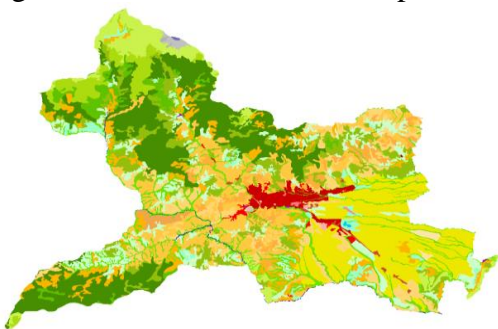
central es por ello por lo que tiene un porcentaje muy alto de amenaza con respecto a desastres naturales como se menciona el Volcán cerro Machín (Mora & Díaz, 2012), la cuenca del río Combeima donde esta alimentada de afluentes que son propios del volcán nevado del Tolima y de otros como son quebradas, entre ella CAI, La Cascada. Otras vertientes que son ríos que se suman a la gran cuenca del Río Coello procedentes del Municipio de Cajamarca. (AMAYA, 2019)

Los SIG pretenden que se tomen decisiones mediante los datos cartográficos recopilados en el procesamiento de datos mediante el software de ArcGIS Pro, es una herramienta útil para representar la problemática planteada sobre los riesgos de inundación en el municipio de Ibagué, la realización de capas ráster y vectoriales tienen la ventaja de ilustrar e identificar los problemas planteados.

Metodología

Tras obtener el mapa de riesgos del municipio de Ibagué, Tolima, mediante los geoprocursos de las fases anteriores, el primer paso consiste en comprender los conceptos fundamentales de los sistemas de información geográfica (SIG). Esto se realiza mediante la práctica de construir productos cartográficos digitales asociados a fenómenos o problemáticas agroambientales del territorio, donde se trabaja con una capa vectorial tipo polígono, tipo punto.

Figura 1: Coberturas del Municipio de Ibagué



Elaboración propia, 2024

A Continuación, se importan datos ráster descargando el archivo Shapefile de municipios. Para este estudio de caso, se utiliza el municipio de Ibagué. Se aplica un geoprocuro de extracción por máscara. Posteriormente, se utilizan las herramientas para generar curvas de nivel y pendientes, creando así la capa ráster del Modelo Digital de Elevación (DEM) del municipio y la capa ráster de pendientes.

Figura 2: Capa DEM del municipio de Ibagué



Autoría Propia, 2024

Se realizó la descarga de capas vectoriales de drenajes (simples y dobles) y de departamentos del IGAC de Colombia a una escala de 1:100.000. Se procedió a la intersección geométrica de las capas de drenajes del municipio de Ibagué, aplicando un geoprocuro de influencia (Buffer) y un recorte. Posteriormente, se aplicó un geo proceso de disolución para calcular las áreas ambientales y de restricción legal (zonas urbanas, industriales, aeropuertos, Etc.). Después de ello se generó un flujo de dirección y de acumulación mediante un ráster de acumulación de flujo, permitiendo

la delimitación de la cuenca y sus subcuencas. Finalmente, utilizando los geoprocursos de ArcGIS Pro, se pudo obtener la delimitación de la cuenca, con un ajuste respectivo de simbología de colores representando los diferentes niveles de las subcuencas

Figura 3: Ráster Flow Acc Municipio de Ibagué



Elaboración propia, 2024

Para realizar el Análisis multicriterio se aplicarán los siguientes factores, cuyo fin es determinar el riesgo por inundación del municipio de estudio (Ibagué); se deben tener en cuenta los factores presentados en la tabla.

Tabla 1: criterios de porcentajes de análisis

Factor	Porcentaje
Modelo de elevación digital DEM	10%
Pendientes	15%
Coberturas de tierra	10%
Precipitación	35%

Distancia entre drenajes	30%
Total	100%

Tomado de (SIGPOAT, 2024)

Teniendo en cuenta lo anterior se abre un nuevo proyecto en el ArcGIS Pro para cargar las capas ráster, DEM del municipio y ráster pendientes de Ibagué. Se descarga en formato Shapefile la Adaptación Corine Land Cover. República de Colombia. Se realiza un nuevo recorte sobre el municipio trabajado con los geoprocursos que se conocen, dentro de estos se prosigue a Dissolver a nivel 2. Se carga la capa de precipitación del mes de noviembre al cual se le realiza un proceso de extracción por máscara. Luego de esto se obtiene el ráster de acumulación de flujo. se toman las distancias entre canales de las hidro cuencas más importantes del municipio, para luego realizar una reclasificación del ráster de flujo de acumulación con los ajustes correspondientes. Para el modelo de riesgo por inundación se realiza la reclasificación de las capas DEM, clasificándose de menor a mayor, en la que el número 2 refleja el riesgo muy bajo de riesgo por inundación en la zona de estudio y el número más alto con mayor riesgo de inundación.

Tabla 2: Clasificación cualitativa






Clasificación cualitativa	valores
Riesgo muy bajo	2
Riesgo bajo	4
Riesgo medio	6
Riesgo alto	8
Riesgo muy alto	10

Tomado de (SIGPOAT, 2024)

Posterior a esto se prosigue a reclasificar, este se desarrolla por la vía de geoprocetos; en la que se clasifica el DEM del Municipio, reclasificación de pendientes, reclasificación de precipitaciones, reclasificación coberturas de tierras a este se le realizan unos ajustes especiales para continuar con la reclasificación de distancia de drenajes; con este se prosigue a generar el Mapa de Riesgo por Inundaciones a partir de la suma ponderada a partir de la primera tabla; esta suma se utiliza en SIG la cual facilita la suma de datos, en la que cada capa tiene un peso específico generando su respectiva importancia.

Para la reclasificación de riesgo por inundación en el municipio de Ibagué se presenta la siguiente tabla, en la que determina la clasificación cualitativa, desde un valor 1 como baja con un color verde oscuro, hasta 5 con un color rojo dando como clasificación cualitativa de riesgo muy alto

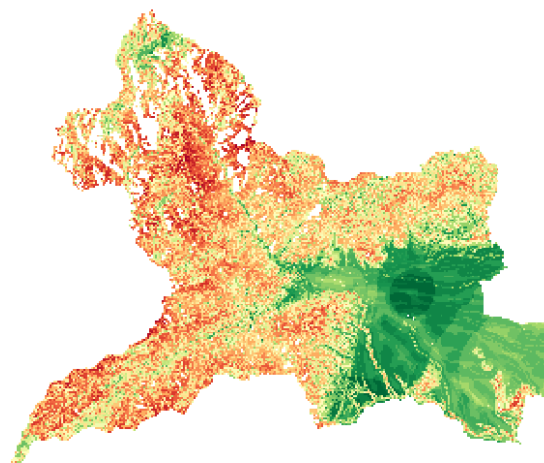
Tabla 3: Clasificación cualitativa

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

(SIGPOAT, 2024)

Finalmente se logra observar la Reclasificación Riesgo inundación municipio de estudio, gracias a la simbología utilizada durante el proceso

Figura 4: Mapa Riesgo Por Inundación



Elaboración propia, 2024

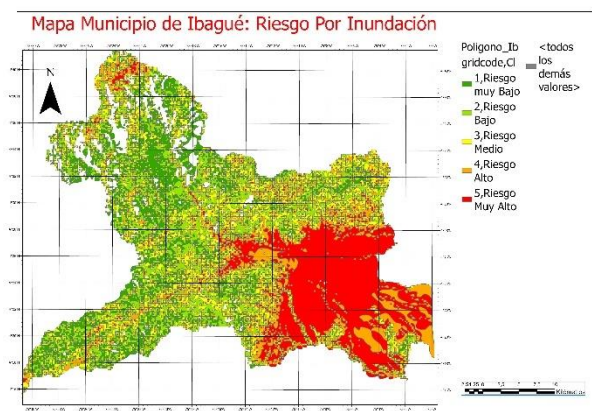
Resultados

Los geoprocetos obtenidos en cada una de las capas realizadas proporcionaron información valiosa, las gráficas analizadas tienen características que posiblemente afectan el municipio de Ibagué con base a los riesgos de inundación como la principal problemática planteada.

Mediante cada uno de los métodos utilizados en la interpretación de datos en los sistemas de información geográfica se evidencia que el riesgo por inundación es principalmente por el tipo de relieve que presenta el municipio al ser una población que esta entre la cordillera central y zona de valle es ahí donde parte este asunto, cabe resaltar que existen diferentes afluentes que alimentan los acueductos del municipio de Ibagué y en épocas de lluvia estos se incrementan y es ahí cuando existe el riesgo en la parte baja y en zonas vulnerables de las áreas de rivera.

Para este análisis grafico se usó el software ArcGIS Pro y mediante el uso de capas y datos geoespaciales se obtuvo el mapa de Riesgo por Inundación del Municipio de Ibagué.

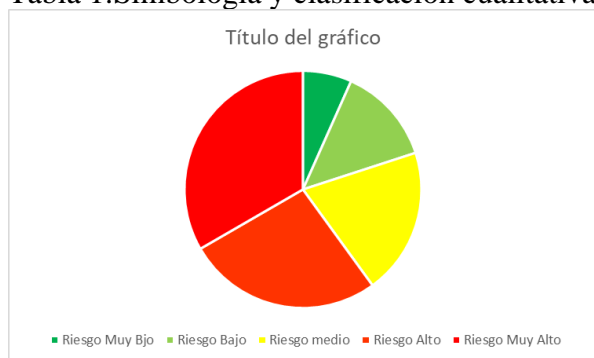
Figura5: Mapa de Riesgo por Inundación Ibagué



Carlos Alberto Cruz, 2024

Se midió el riesgo de 1 a 5 con el fin de poder alcanzar una interpretación adecuada del impacto que genera estas condiciones ambientales y que son reflejadas en la gráfica con la siguiente tabla:

Tabla 1: Simbología y clasificación cualitativa



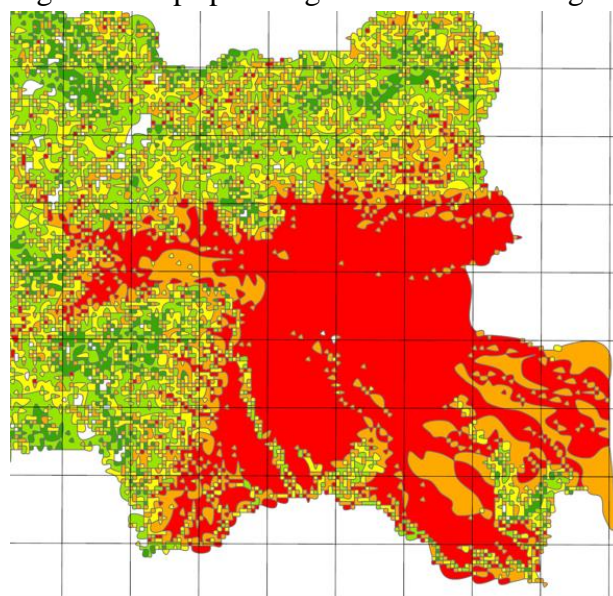
(SIGPOAT, 2024)

Tabla de cualitativa de evaluación de riesgos, de acuerdo con los colores de la simbología se puede identificar el grado de riesgo en el mapa.

Este procesos evalúa la intensidad del riesgo, en el mapa de Riesgo por Inundación se puede observar que las áreas menos vulnerables son las de riesgo bajo están representadas por

colores verdes y las áreas que tienen porcentajes de riesgo medio amarillo, riesgo alto, naranja y riesgo alto el color rojo, estas áreas de color verde están sobre la cabecera del municipio y son zonas de montaña y veredales donde se encuentran principalmente las bocatomas del acueducto local, se evidencia algunas áreas de riesgo alto en la parte superior del mapa, en todo los sectores de las zonas se encuentran dispersas en las áreas de riesgos bajo y riesgo medio por la topografía de la región.

Figura 6: Mapa por riesgo de inundación Ibagué



Carlos Alberto Cruz, 2024

En las zonas urbanas del municipio de Ibagué es donde el mayor riesgo está presente, este abarca la parte inferior del mapa, esta parte de la ciudad cuenta con una topografía ondulada, algunas zonas están marcadas con tipo de riesgo alto. Para la gran urbe de la ciudad refleja un problema que en el presente ya empieza a generarse por cuenta de las abundantes lluvias por el fenómeno del niño tomadas del mes de noviembre del año 2023. (Cortolima, 2023)

Dentro de los riesgos bajos y medio también hay impacto en las zonas agrícolas y de

industria, muchas dependen la adquisición del recurso hídrico para el desempeño de las labores como los son cultivos transitorios, perennes, y de ciclo corto entre otros, ganadería y silvopastoriles. (DANE, 2022). Las inundaciones en la zona urbana de Ibagué afectan directamente a toda la población y su economía, tanto empleos directos como indirectos, la movilidad vial, sector educativo, y cada uno de los sistemas administrativos del municipio, se verían afectados de igual manera estas inundaciones pueden producir desastres y pérdidas económica y de infraestructura.

Este mapa temático que representa las capas de riesgo por inundación ésta basado en criterios de zonificación y características agroclimáticas como son la temperatura y las precipitaciones validadas para ser referencia importante en la investigación de este documento.

Conclusiones

Considerar y depender de aplicaciones y herramientas que ilustran la realidad de una región con base a la interacción geoespacial de los sistemas de información geográfica pueden ser una ventaja, reduciendo tiempo y costos, es una actividad que ésta siendo muy útil en la actualidad para la recolección de información y la interpretación de análisis y lo más importante prever situaciones de riesgo en una región en específico, plantear problemas y proponer soluciones para mejorar las condiciones ambientales, sociales y económicas.

Los mapas se consideran ilustraciones importantes para la interpretación de lugares, características específicas signos entre otros, el estudio del mapa Riesgo por inundación permite determinar cómo están distribuidas las zonas con más impacto, como se puede mitigar el problema generando procesos de protección, y conocimiento para que las comunidades sepan

tomar decisiones en un futuro o cuando suceda desastres de inundaciones por lluvias u otro tipo de problemática ambiental.

Los modelos agroambientales son una alternativa útil para la proyección de actividades agroambientales con base a la situación actual del cambio climático y sus impactos en la región, de igual forma se busca por medio de estrategias contribuir al sostenimiento del municipio y cada una de sus actividades económicas.

Recomendaciones

Una de las principales causas que generan problemáticas de inundaciones, erosiones o taponamientos de causas de ríos es la deforestación y la poca conservación de la línea agrícola y pecuaria. El municipio de Ibagué cuenta con una gran área de montaña y zona rural la cual es una economía propia por parte del área agrícola, pecuaria y turística por el potencial de sus paisajes, clima, vertientes de aguas y otras virtudes propias de la región. Es importante que la administración municipal siga trabajando por mantener cada una de estas actividades sigan en su lugar, protegiendo la integridad de los recursos naturales sin alterar el ecosistema.

Las temporadas de lluvias tienen efectos positivos y tanto negativos es por ello que se deben estar preparados, el uso de herramientas tecnológicas y monitoreo de las actividades ambientales de la región con base a mapas y el uso de las SIG pueden obtener ventajas para la creación de planes de ordenamiento territorial eficientes y que cumplan con las expectativas de los entes que salvaguardan las riquezas naturales del territorio departamental y del municipio de Ibagué.

La actualización de los POT con fines de la prevención de desastres pueden ser un inicio para la activación de metodologías que permitan a las comunidades tener conocimiento y conciencia para los riesgos pertinentes por las

lluvias y los cauces de ríos o quebradas que rodean el municipio de Ibagué.

Referencias bibliográficas

- AMAYA, F. L. (2019). *CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LACUENCA DEL RÍO COELLO (DEPARTAMENTO DEL TOLIMA, COLOMBIA) CON EL PROGRAMA HYDROBID*. Alcalá de Henares,. Recuperado el 3 de 12 de 2024, de https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/41873/TFM_Leveri_Amaya_2019.pdf;jsessionid=4FA680E4CAED08EEF0F46CB2D1A3C450?sequence=1
- American Psychological Association. (s.f.). *Style and Grammar Guidelines*. Recuperado el 17 de enero de 2020, de Apastyle: <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines>
- Aragón-Durand, F. (2014). *Inundaciones en zonas urbanas de cuencas en América Latina* (Vol. 1). (F. Aragón-Durand, Ed.) Lima, Peru. doi:<http://hdl.handle.net/20.500.11762/19850>
- Carrillo García, S. (2019). Artículo científico. En S. Carrillo García, L. M. Toro Calderón, A. X. Cáceres González, & E. C. Jiménez Lizarazo, *Caja de herramientas. Géneros Textuales*. Universidad Santo Tomás.
- Cortolima. (2023). *Inició la temporada de más lluvias en el Tolima* (Vol. 1). Ibagué, Colombia: Cortolima. Recuperado el 4 de 12 de 2024, de <https://cortolima.gov.co/sala-de-prensa/noticias/4117-inicio-la-temporada-de-mas-lluvias-en-el-tolima#>
- CRAI USTA Bucaramanga. (2020). *Informe de recursos y servicios bibliográficos*. Bucaramanga: Universidad Santo Tomás.
- DANE. (2022). *La información del DANE en la toma de decisiones regionales*. Ibagué, Colombia. Recuperado el 3 de 12 de 2024, de <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/planes-departamentos-ciudades/220119-InfoDane-Ibague-Tolima.pdf>
- Galvis García, R. E. (2020). *Guía Resumen del Estilo APA Séptima Edición*. Universidad Santo Tomás.
- LARA, A. M., & VASQUEZ, J. A. (2014). *DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DEL RIESGO, AMENAZAS Y NIVEL DEVULNERABILIDAD PARA EL MUNICIPIO DE RESTREPO, VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA*. Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL SANTIAGO DE CALI 2014. Recuperado el 3 de 12 de 2024, de <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/5cd43676-140a-4304-a5f0-e010db1cf424/content>
- López Vargas, R. S. (2018). *Determinación de la vulnerabilidad de la infraestructura física frente a las inundaciones en la cuenca del río Combeima*. Ibagué, Tolima, Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Civil, Ibagué. Recuperado el 4 de 12 de 2024, de file:///C:/Users/karlo/Desktop/2019_Vulnerabilidad_F%C3%ADsica_Inundaciones.pdf
- Mora, L. V., & Díaz, F. J. (2012). *Evaluación integral del riesgo volcánico del Cerro Machín, Colombia* (Vol. 1). (F. d.-3. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Ed.) Bogotá, Colombia:

Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Grupo PIGA de Investigación en Política, Información y Gestión Ambiental, Ciudad Universitaria, Edif. 406 (IEI), Oficina 239, Calle 39 A, No. 20-35, Bog. Recuperado el 3 de 12 de 2024, de <https://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/31131/42006>

SIGPOAT, G. d. (2024). *Fase 6*. Recuperado el 8 de 12 de 2024, de <file:///C:/Users/karlo/Desktop/Guia%20de%20actividades%20y%20r%C3%BAbrica%20de%20evaluaci%C3%B3n%20-%20Unidad%2010%20-%20Fase%206%20-%20Evaluaci%C3%B3n%20final.pdf>

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/Bhikn-iicCs?si=O5wvle3qgDu7dgLh>