

## **Análisis de riesgo de inundación mediante el sistema de información geográfica en el municipio de Facatativá, departamento de Cundinamarca**

Luisa Fernanda Pradilla Peñuela, [lfpradillap@unadvirtual.edu.co](mailto:lfpradillap@unadvirtual.edu.co)

Karen Suleiby Trujillo Hernandez, [kstrujilloh@unadvirtual.edu.co](mailto:kstrujilloh@unadvirtual.edu.co)

Asesor

Luis Alejandro Ospina Sánchez, [luisa.ospina@unad.edu.co](mailto:luisa.ospina@unad.edu.co)

### **Resumen**

Los SIG y las herramientas que ofrece el interfaz del programa de ArcGIS permiten coleccionar, analizar y visualizar datos geospaciales con el fin de identificar la información para temas ambientales, de suelos y relacionados a riesgos de inundación. El municipio de Facatativá es el caso de estudio se usó el croquis del municipio, mapas del uso del suelo, drenajes, pendientes, precipitaciones que a partir del geoprocésamiento de estos se obtuvo el mapa de riesgo de inundación. Así mismo se identifican los posibles impactos de estos fenómenos y zonas de vulnerabilidad de desastres que se presentan en el municipio. Se encuentran también las coberturas de tierra en áreas agrícolas, urbanas y forestales; y se puede concluir que alguna de estas afectaciones se presenta por la falta de infraestructura para el manejo de aguas lluvias.

*Palabras claves:* Análisis, drenaje, geo proceso, inundación, capa ráster, reclasificación, riesgo.

### **Introducción**

Las inundaciones son una amenaza natural de origen hidrológico, estas son producidas por corrientes de agua que sobrepasan la capacidad de retención del suelo y de los cauces; una vez ocurre el desborde la mayor afectación se presenta en áreas planas que están cercas a los ríos, quebradas, etc. Las inundaciones son conocidas así: aluvial y súbita (plano) o torrencial (montañoso).

La inundación afecta acorde a la planificación establecida del territorio, es decir, su administración y recursos.

En el año 2006 se presentó en el municipio de Facatativá una torrencial lluvia que los devastó por 14 horas continuas, las causas fueron por el desbordamiento del rio Botello que fueron arrastrando a su paso sólido y empero la situación; adicional, en ciertos sectores se generó conjunto de rocas que permitían que el agua siguiera su cauce, pero no permitía que los drenajes cumplieran con su función. (bitácoras cuerpo de bomberos el municipio de Facatativá).

Los SIG integran datos y estrategias que permiten identificar las zonas de mayor riesgo

de inundación y así mismo planificar y prevenir.

### Objetivo general

Analizar el riesgo de inundación tomando como base los sistemas de información geográfica en el municipio de Facatativá, Cundinamarca.

### Objetivos Específicos

Desarrollar capas vectoriales desde una capa ráster y simplificar los datos para categorizarlos y distinguir las áreas según el nivel de riesgo.

Realizar el mapa de riesgo por inundación con la reclasificación de los valores únicos y ajuste de color.

Estructurar un informe en Storymaps con el mapeo de riesgo de inundación aplicando metodología, análisis de resultados y conclusiones.

### Identificación del caso de estudio

Según la ubicación geográfica indica que “él se encuentra ubicado geográficamente al extremo occidental de la sabana de Bogotá D.C. a 36 Km de la ciudad capital cerrándose en dos ramificaciones de la cordillera oriental” (Pulido, 2019, p. 26). El municipio se encuentra construido sobre un suelo húmedo y fértil que antes correspondía a un gran lago.

Hernández (2017) indica que el municipio tiene subcuencas como el río Botello que es la principal fuente hídrica del municipio y cuenta con afluentes importante como la quebrada Mancilla, la Laja y la Pava. En el municipio también cruza el río Subachoque, este junto con el río Bojacá desembocan en el río Magdalena. En Facatativá se tienen climas entre templados y térmicos fríos con temperaturas mínimas de 2,4 °C y temperaturas máximas entre 20,8 °C y dependiendo de las condiciones climáticas que se presenten en la localidad (CMGRD, 2019, p.8).

Para el desarrollo de este caso se trabajó con las precipitaciones del mes de abril según informe del IDEAM.

### Metodología

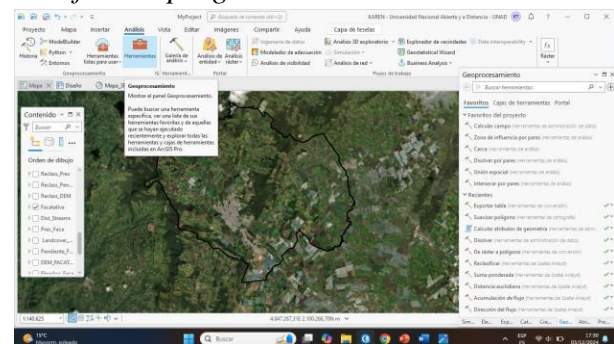
Para las técnicas de análisis, Sevillano (2020), indica que:

El método de análisis corresponde a la evaluación multicriterio (EMC), la cual se define como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en la toma de decisiones, basando la interpretación en la utilización de diversas variables que pueden asistir en procesos de decisión (p. 10).

Para el análisis multicriterio del mapa de riesgo de inundación del municipio de Facatativá se elaboraron un conjunto de geo procesos en el programa ArcGis Pro y con el sistema de coordenadas geográficas MAGNA-SIRGAS CMT12. La ruta para encontrar cada geo proceso es navegar mediante la caja de herramientas y buscar el nombre del geo proceso que corresponda a las herramientas de Spatial Analyst.

### Figura 1.

Interfaz del programa ArcGIS.



Fuente: Autoría propia, 2024.

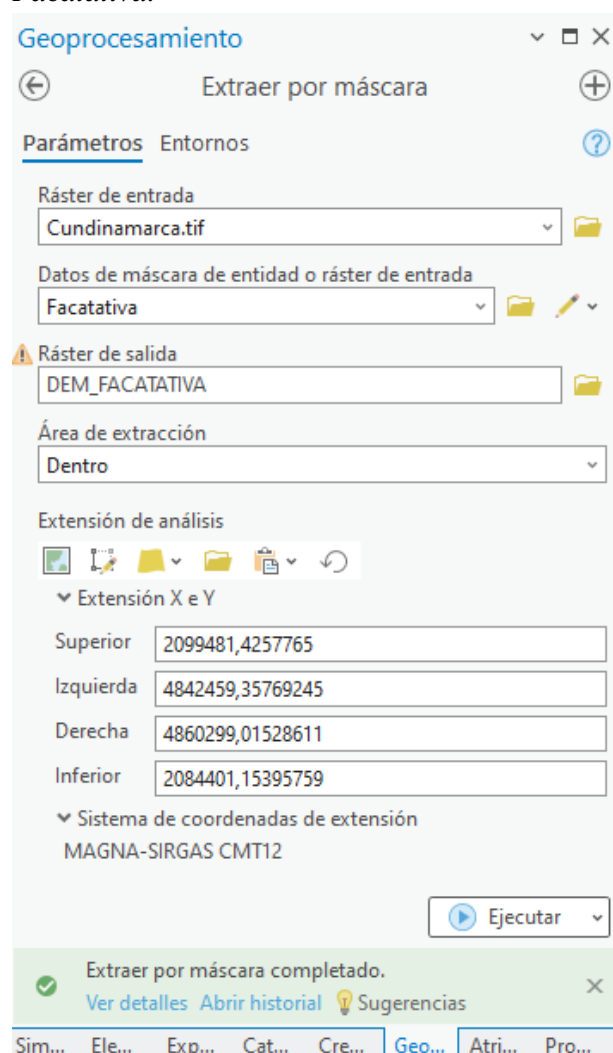
Inicialmente se utilizaron unos criterios para el análisis del riesgo de inundación:

DEM del municipio que se obtuvo mediante la descarga por medio del IGAC de un DEM del

departamento y el shapefile de los municipios, una vez descargados se procedió a abrir el programa ArcGIS y se limitó el DEM al contorno del municipio mediante el geo proceso de la extracción por máscara. En la opción de entornos se busca el sistema de coordenadas de salida y se agrega el MAGNA-SIRGAS CMT12.

### Figura 2.

*Geo proceso del DEM del municipio de Facatativá.*



*Fuente: Autoría propia, 2024.*

Ráster de pendientes del municipio que se obtuvo en el ArcGIS por medio del geo proceso

de pendientes basado en el DEM del municipio como se muestra en la siguiente imagen:

### Figura 3.

*Pendiente del municipio de Facatativá.*

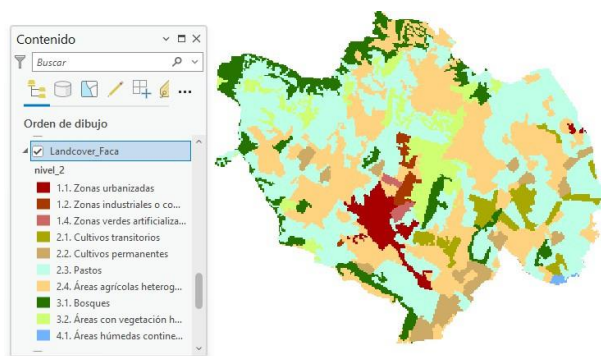


*Fuente: Autoría propia, 2024.*

Las coberturas de tierras se obtuvieron en formato shapefile por medio del Geo portal del IGAC – Colombia en Mapas, se procedió recortar la capa sobre el municipio mediante el geo proceso de recortes, seguido se realizó el geo proceso de disolver, se procedió a convertir el polígono en un ráster y se asignaron colores con la simbología de Corine Land Cover.

### Figura 4.

*Coberturas de tierra del municipio de Facatativá.*

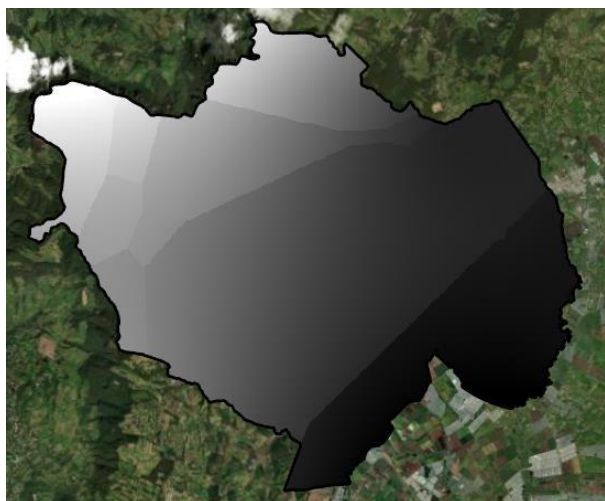


*Fuente:* Autoría propia, 2024.

Precipitaciones del mes de abril insumos suministrados por el Tutor, en el programa ArcGIS se realizó el geo proceso de la extracción por mascara del ráster sobre el municipio.

### Figura 5.

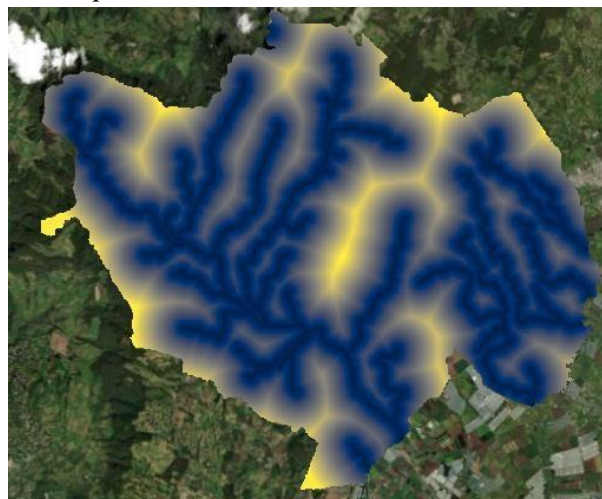
*Precipitaciones del mes de abril del municipio de Facatativá.*



*Fuente:* Autoría propia, 2024.

Capa distancia entre drenajes se realizó a partir de los drenajes dobles y sencillos que se descargaron del Geo visor Colombia en mapas que se presentan en el municipio mediante el geo proceso de la acumulación de flujo.

**Figura 6.** *Distancia entre drenajes del municipio de Facatativá.*



*Fuente:* Autoría propia, 2024.

El geo proceso de reclasificar de los criterios de análisis para los riegos de inundación se tomó de los resultados que se obtuvieron del DEM, la pendiente, las coberturas de tierra, la precipitación y la distancia de los drenajes asignando valores cualitativos y cuantitativos de riesgos.

**Tabla 1.** *Valores de la clasificación para el DEM del municipio, la pendiente y los drenajes en el geo proceso de la reclasificación.*

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

*Nota:* en la tabla se muestran los valores que se asignaron a la reclasificación de las capas ráster.  
*Fuente:* Autoría propia, 2024.

**Tabla 2.** Valores de la clasificación para las precipitaciones en el geo proceso de la reclasificación.

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

*Nota:* en la tabla de muestra el valor de las precipitaciones del municipio se realizó del mes de abril de año en curso descargadas del IDEAM.

**Tabla 3.** Valores de la clasificación para la cobertura de los suelos en el geo proceso de la reclasificación.

Corine Land Cover Nivel 2	Clasificación de valores
Zonas urbanizadas	6
Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	2
Zonas de extracción mineras y escombreras	4
Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	2
Cultivos transitorios	8
Cultivos permanentes	8
Pastos	4
Áreas agrícolas heterogéneas	8
Bosques	2
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	4
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	6
Áreas húmedas continentales	8
Áreas húmedas costeras	6
Aguas continentales	10
Aguas marítimas	6

*Nota:* en la tabla se muestra los valores de riesgo para asignar a cada cobertura en nivel 2 en la reclasificación de la capa ráster.

Para el resultado del mapa se realizó la reclasificación de todos los criterios basados en casos de implementación de SIG que “Indican que los rangos para la reclasificación se escogieron de acuerdo con los puntajes de los criterios y de las clases que fueron asignados a juicio de expertos” (Olivera et al. 2011, p. 8). Se procedió a ejecutar la suma ponderada en el programa de ArcGIS. Los porcentajes asignados se muestran en la tabla:

**Tabla 4.** Porcentajes para asignados a las capas de ráster para la suma ponderada.

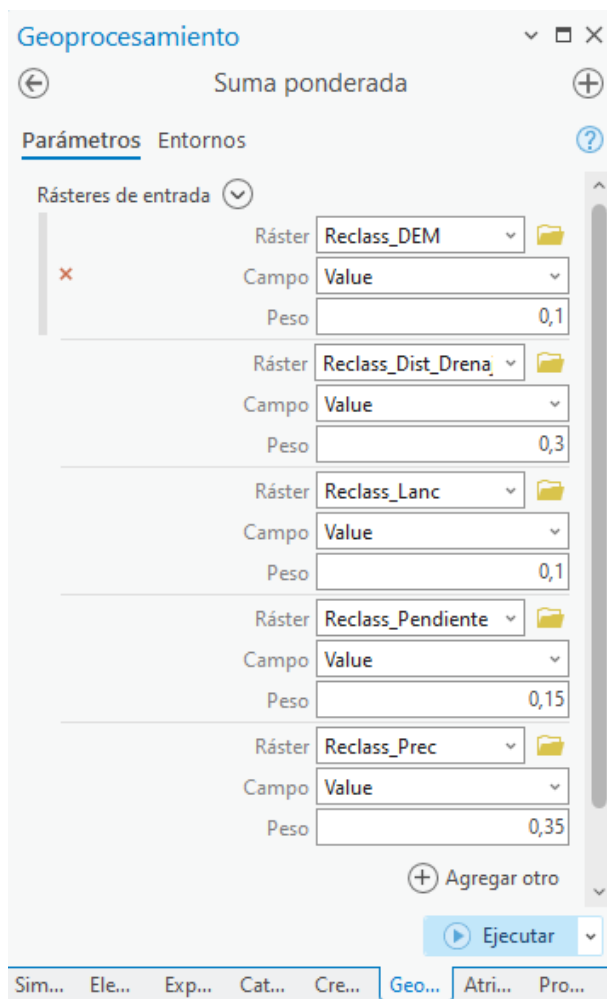
Factor	Porcentaje
DEM del municipio	10%
Pendiente	15%
Cobertura de tierra	10%
Precipitación	35%
Distancia entre drenajes	30%
Total	100%

*Nota:* en la tabla se muestra los parámetros de cada criterio para realizar la suma ponderada y obtener el mapa de riesgos de inundación.

Para la aplicación de los porcentajes en el geo proceso de la suma ponderada de todos los criterios se divide el porcentaje en 100 de cada uno.

**Figura 7.**

*Geo proceso suma ponderada de los criterios.*



Fuente: Autoría propia, 2024.

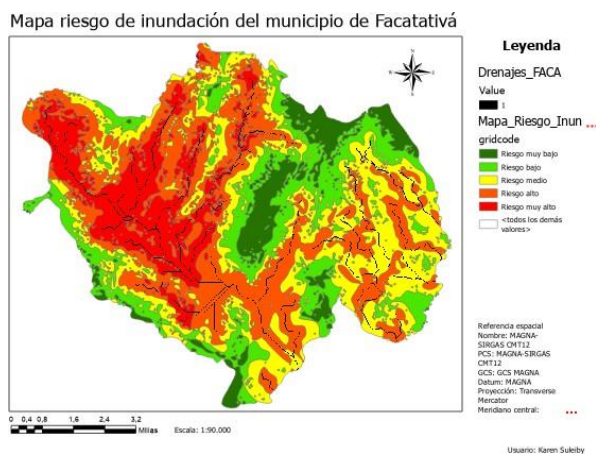
Finalmente, para obtener el mapa de riesgo de inundación se realizó la conversión del ráster a capa vectorial y se ejecutó el geo proceso de disolver el gridcode. En la tabla de atributos del vectorial se añadieron las cinco clases 1) muy bajo, 2) bajo, 3) medio, 4) alto y 5) muy alto para facilitar su interpretación y su análisis con otras fuentes de información (Hernandez, et al. 2020), también se añadió el área para el cálculo de la geometría de cada clase en kilómetros cuadrados.

### Resultados

El uso de los sistemas de información geográfica (SIG) permitieron generar este resultado de mapa de riesgo de inundación para el municipio por medio del programa ArcGIS.

Figura 8.

Mapa vectorial riesgo de inundación del municipio de Facatativá.



Nota: Resultado de geo proceso realizados en el programa ArcGIS PRO.

Fuente: Autoría propia, 2024.

En la figura 8 se presenta el resultado de las clases de los riesgos de inundación que se presentan en el municipio, adicional se presenta los drenajes que posee el municipio y la influencia que estos presentan en los riesgos.

Tabla 5. Clasificación de riesgo de inundación.

Gridcode	Clasificación riesgo inundación	Areakm2
1	Riesgo muy bajo	12,8
2	Riesgo bajo	30,2
3	Riesgo medio	41,7
4	Riesgo alto	46,8
5	Riesgo muy alto	24

Nota: la tabla muestra el resultado de los riesgos en extensión de área en kilómetros.

Fuente: Autoría propia, 2024.

El riesgo alto presenta una extensión de área de 46.8 kilómetros cuadrados siendo el de mayor afectación a las otras clases de riesgos que se presentan en el municipio. En la figura 7 se puede observar que debido a los drenajes que cruzan por el municipio se presenta un riesgo alto de inundación, entre los drenajes se destaca el río Botello que es la fuente principal de agua en el municipio, la quebrada Macilla, la Pava y la Laja. En la figura 7 se puede analizar que alrededor de algunos ríos y quebradas se encuentra construida la comunidad de Facatativá es decir que esta se encuentra en riesgo de inundación como se ve en el mapa identificándolo en los riesgos alto y muy alto. El riesgo muy bajo es el de menor extensión de área siendo de 12.8 kilómetros cuadrados en el municipio. En la figura 7 se puede analizar que las partes donde se presenta el riesgo muy bajo son las zonas de bosques, laderas y montañosas que se pueden observar en su mayoría quedan alrededor del municipio y hacia el centro de la montaña que se ubica cerca de las construcciones.

**Figura 9.**  
*Gráfico de la clasificación de riesgos de inundación*



*Nota:* el gráfico muestra en porcentajes las áreas afectadas.

*Fuente:* Autoría propia, 2024.

En el gráfico se puede analizar que el riesgo alto representa el mayor riesgo de afectación en el municipio con el 30.1%, seguido del riesgo medio que representa 26.8%, estas dos clases de riesgos son las que mayor afectación presentan comparados a los otros riesgos. El riesgo muy bajo es el que menor riesgo representa en un total del 8.3%. El riesgo bajo se encuentra en el medio en comparación de los otros, con un porcentaje de 19.5%, este riesgo junto con el riesgo muy bajo representa que el municipio posee zonas de potreros, laderas y montañas ocupando un tercio de la parte del municipio. El riesgo muy alto representa un 15.4% del total de área del municipio, se ubican específicamente en el cauce de los ríos y quebradas.

## Conclusiones

En el mapa de riesgo de inundación del municipio de Facatativá se observa gran riesgo de inundación debido a que cruzan ríos con fuerte caudal como es el río Botello siendo la principal fuente de agua para el sostenimiento del municipio. También el cruce de afluentes importantes como quebradas que aportan beneficios a las comunidades rurales del municipio.

La metodología implementada fue el programa ArcGIS pro que está fundamentada en el empleo de tecnologías de los sistemas de información geográfica que tienen como propósito el análisis y la representación de datos espaciales. En el programa se realizaron geo procesos con las capas ráster necesarias

para generar el mapa, los resultados que se obtuvieron fue un mapa de riesgo de inundación, una tabla del área que correspondía a cada riesgo en kilómetros cuadrados y un gráfico en el cual se detallan los porcentajes de afectación por cada riesgo en el municipio.

### Recomendaciones

Se debe encontrar un equilibrio entre los recursos naturales, los cultivos a implementar y las características de la zona donde este será establecido el mismo; obteniendo así un mejor desarrollo agrícola, con mejor drenaje y prevención a daños naturales como lo son las inundaciones.

Implementar una estructura de drenajes, permeables o naturales que favorezcan la filtración de agua. Así mismo, fortalecer las áreas verdes, creando amortiguamiento vegetal o sistemas de almacenamiento temporal.

Contar con sistemas de alertas que permitan la anticipación y prevención a tiempo, tanto para la comunidad agrícola, como para el área urbana.

Implementación de un plan de ordenamiento territorial y zonificación agroambiental, que permita conocer y delimitar correctamente las zonas de acuerdo con los riesgos que esta representa y así implementar cultivos resistentes y mitigar los impactos negativos.

### Referencias bibliográficas

Almeida, P. Duriavich, M. Napolitano, R. Feoli, E. (2009). Aplicación de técnicas SIG, Sensoramiento Remoto y Análisis Multicriterio para la Detección de Impactos Antropogénicos en la Cobertura de Suelos y su Proyección para el 2010. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 22(1). <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/93/56>

Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (2019). *ESTRATEGIA MUNICIPAL DE RESPUESTA A EMERGENCIAS Y DESASTRES*. Repositorio gestión del riesgo [https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/36806/EMRE\\_Facatativa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/36806/EMRE_Facatativa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Hernandez, M (2017). *Análisis territorial de la transformación y la degradación geográfico-ambiental en el municipio de Facatativá 1980-2010*. Biblioteca IGAC <https://biblioteca.igac.gov.co/janium/Documentos/1-01123WEB.pdf>

Hernández-Juárez, R., Martínez-Rivera, L., Peñuela-Arévalo, L., Rivera-Reyes, S. (2020). Identificación de zonas potenciales de recarga y descarga de agua subterránea en la cuenca del río Ayuquila-Armería mediante el uso de SIG y el análisis multicriterio. *Investigaciones Geográficas*, (101). <https://doi.org/10.14350/rig.59892>

Olivera et al. (2011). *El uso de los SIG y la evaluación multicriterio (EMC) para la determinación de escenarios de peligros de inundaciones en cuencas fluviales: caso de estudio: cuenca Guanabo, ciudad de La Habana*. La referencia [https://www.lareferencia.info/vufind/Record/AR\\_149b6b1197217080411d2f5e9875ca](https://www.lareferencia.info/vufind/Record/AR_149b6b1197217080411d2f5e9875ca)

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>

Pulido, E (2019). *Caracterización sector turismo departamento de Cundinamarca, provincia sabana occidente, municipio Facatativá*. Repositorio Universidad de Cundinamarca

<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/items/0358b4c1-6949-4857-955f-b78ba3be68fd>

Sedano, K. Carvajal, Y. Ávila, Á. (2013). Análisis de aspectos que incrementan el riesgo de inundaciones en Colombia. *Revista Luna Azul no.37*.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-24742013000200014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-24742013000200014&script=sci_arttext)

Sevillano-Rodríguez, M. (2020). Zonificación de la amenaza ante inundaciones a partir de un método de evaluación multicriterio en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (25), 47–76. <https://doi.org/10.21138/GF.661>

**Enlace de sustentación:**

<https://youtu.be/F0PlriKlsuE?feature=share>  
d