

ANÁLISIS DEL RIESGO DE INUNDACIÓN UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE HUILA

Paola Andrea Cuellar Quijano

pacuellarq@unadvirtual.edu.co

Cesar Alberto Caliman Montenegro

cacalimanm@unadvirtual.edu.co

Dania Lucia Valencia Cabrera

dlvalenciac@unad.edu.co

Director: Luis Alejandro Ospina Sanchez

Luisa.ospina@unad.edu.co

Resumen

El pasado 21 de febrero del 2017 “se presentó una avenida torrencial de la cuenca río Frio y Río Neiva la cual transporto gran cantidad de bloques, lodos y empalizadas; desencadenándose varias afectaciones a la población de Campoalegre Huila” (Hernández, L., & Manchego Acevedo, S. 2019). Esto se debe a que Campoalegre cuenta con variedad de pisos térmicos, que “van desde el punto más bajo en la confluencia del Río Neiva con el río Magdalena a una altura de 456 m.s.n.m, hasta la cota más alta que corresponde al Cerro Cresta de Gallo ubicado en el ecosistema estratégico de la Siberia, a 3250 msnm” (Alcaldía Campoalegre Huila, 2016).

Partiendo de los antecedentes, se realiza el estudio evaluando la información generada por el software ArcGIS Pro al realizar un análisis multicriterio; La clasificación cualitativa indica el nivel de riesgo que presenta la zona y determina el valor en hectáreas según la clase de riesgo de inundación para el municipio de Campoalegre Huila. Como resultado, se determina que el municipio de Campoalegre Huila tiene un área del 77 % en riesgo de inundación.

Palabras claves: riesgo de inundación, análisis multicriterio, avenida torrencial

Introducción

Las “avenidas torrenciales en términos simples son un tipo de movimiento en masa que se desplazan principalmente por los cauces de las quebradas, transportando volúmenes significativos de escombros y sedimentos” (Caballero J., 2011), generando impactos negativos en el cauce de los afluentes como destrucción del ecosistema, daños en puentes, mortalidad de animales, arrastre de edificaciones, destrucción de cultivos e inundaciones en los centros poblados etc,

El pasado 21 de febrero del 2017 “una avenida torrencial la cual transporto gran cantidad de bloques, lodos, cantos rodados y empalizadas; desencadenándose varias afectaciones a la población de Campoalegre Huila” Méndez (Hernández, L., & Manchego Acevedo, S. 2019). La cuenca rio Frio presenta una avenida torrencial y afecto a los municipios de Rivera y Campoalegre Huila, producto de fuertes lluvias que desencadenaron una serie de amenazas ambientales principalmente a centro poblado del municipio de Campoalegre Huila.

El evento afecto tanto a la población rural como urbana, tanto en pérdida de cultivos aledaños al cauce del río Frío e infraestructura, dañando aproximadamente 80 viviendas del casco urbano de Campoalegre, concentrándose estos daños en la margen izquierda del afluente afectando aproximadamente 6 cuadras, debido a la diferencia de pendiente con respecto a la margen derecha del río en donde llego a afectar entre 3 o 4 cuadras, correspondiendo a la totalidad de la zona de amenaza alta y

aproximadamente el 40% del área de la amenaza media.

A partir de este suceso, como estudio de caso se busca determinar el área de riesgo de inundación que presenta el municipio de Campoalegre Huila utilizando el análisis multicriterio del software ArcGIS Pro, adicionalmente se identificará el área de muy alto riesgo, riesgo medio y el área de Campoalegre Huila que presenta un bajo riesgo de inundación.

Teniendo como resultado final la oportunidad de evaluar la información generada tras el uso de los sistemas de información Geográfica bajo un análisis multicriterio brindado por el software ArcGIS pro, tiene coincidencia con el análisis de estudios provenientes de lo ocurrido el pasado 21 de febrero del 2017 tras la avenida torrencial de la cuenca rio Frio que pasa por el municipio de Campoalegre Huila.

Objetivos

Determinar el área de riesgo de inundación que presenta el municipio de Campoalegre Huila utilizando el análisis multicriterio del software ArcGIS Pro.

Objetivos específicos

Identificar el área de riesgo muy alto y alto de inundación que presenta el municipio de Campoalegre Huila utilizando el análisis multicriterio.

Determinar el área de riesgo medio de inundación que presenta el municipio de Campoalegre Huila utilizando el análisis multicriterio.

Establecer el área del municipio de Campoalegre Huila que presenta un riesgo muy bajo de inundación.

Identificación del caso de estudio

Campoalegre Huila, conocida coloquialmente como “llano grande” o “La capital arrocera” “fue fundada por el terrateniente, Don José Ignacio Gutiérrez en agosto de 1809, la localidad está asentada sobre el valle del Río Magdalena y las estribaciones de la Cordillera Oriental, ubicada en la región Andina, concretamente situado el valle del alto Magdalena, en el flanco occidental de la cordillera Oriental. Limita al Norte con los municipios de Palermo y Rivera, al Sur con el Municipio de Hobo, al Oriente con el Municipio de Algeciras y al Occidente con el Municipio de Yaguará” (Alcaldía Campoalegre Huila, 2016)

Su extensión territorial, es de 462.99 Km² de las cuales 123,40 Km² corresponden al espejo de agua del Embalse de Betania, la zona urbana cuenta con una extensión de 3.360 Km² y el resto se dividen en las 37 veredas que hacen parte su extensión territorial. Su densidad poblacional según el reporte del 2023 DANE, Campoalegre tenía 33,102 habitante con una predicción para el 2024 de 33,508 habitantes. (DANE, 2023)

La capital arrocera cuenta con variedad de pisos térmicos, que “van desde el punto más bajo en la confluencia del Río Neiva con el río Magdalena y su altura es de 456 m.s.n.m, hasta la cota más alta corresponde al Cerro Cresta de Gallo ubicado en el ecosistema estratégico de la

Siberia, a 3250 msnm” (Alcaldía Campoalegre Huila, 2016). El casco urbano es de 525 m.s.n.m., con una temperatura media anual de 27°C. Esta tendencia ascendente presenta variedad climática y por ende ecosistémica haciendo de Campoalegre un municipio con diversidad ecológica, agropecuaria y cultural.

Tabla 1: unidades climáticas del municipio de Campoalegre.

Unidad climática	Altitud m.s.n.m.	Temperatura C°	Recipitación anual	% del territorio
Sa Cálido seco	500	5° - 28°	2.000	0,51%
Sb Cálido seco	1.000	5° - 28°	2.000	6,13 %
H Cálido húmedo	1.000 - 2.000	6° - 28°	3.000	5,65 %
H Medio húmedo	.000 - 2.000	8° - 24°	2.000	3,61%
MH Frío y muy húmedo	2.000	2° - 18°	4.000	,10%

Adaptado de: (Alcaldía Campoalegre Huila, 2016)

En base a esta información climatológica, se describe la frontera agrícola de los terrenos en un relieve relativamente plano, estos se caracterizan por ser climas cálido seco y cálido

húmedo, los cultivos típicos de esta zona son: el arroz, sorgo, tabaco, maíz y zona la ganadería. En la zona piedemonte y parte de laderas se caracteriza el clima medio y húmedo corresponde a las zonas donde se encuentran cultivos de café, plátano, caña, hortalizas, y amplias zonas ganaderas.

El POBT del municipio de Campoalegre Huila, (Alcaldía Campoalegre Huila, 2016) utilizo “el último estudio de cobertura para el departamento del Huila, elaborado en el año 2010 por la Corporación Autónoma del Alto Magdalena CAM, con la clasificación denominada Corine Land Cove describiendo el uso de los suelos en este municipio”.

Figura 1: Corine Land Cover 2010 uso de suelos para el municipio de Campoalegre Huila.

CONDIGO	NIVEL II	UNIDAD	AREA (Has)	%
0		Nubes	1,003.21	2.17
1111	Zonas urbanizadas	Tejido Urbano Continuo De Densidad Alta	205.37	0.44
1112		Tejido Urbano Continuo De Densidad Baja	146.97	0.32
2138	Cultivos transitorios	Arroz	10,511.34	22.70
2311		Pastos Limpios	5,399.01	11.66
2321	Pastos	Pastos Arbolados	603.93	1.30
2331		Pastos Enmalezados	465.61	1.01
2411		Mosaico De Cultivos	353.06	0.76
2421	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico De Pastos y Cultivos	1,408.92	3.04
2431		Mosaico De Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	5,339.45	11.53
2441		Mosaico De Pastos Con Espacios Naturales	8,311.92	17.95
3111	Bosques	Bosque Denso Alto	80.52	0.13
3131		Bosque Fragmentado Con Pastos y Cultivos	2,766.28	5.97
3144	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Mixto	4,591.27	9.92
3212		Herbazal Abierto	320.20	0.69
3221		Arbustal Denso	468.52	1.01
3222		Arbustal Abierto	170.77	0.37
3232		Vegetación Secundaria Baja	2,671.48	5.77
5111	Aguas Continentales	Rica (25 m)	263.56	0.57
5121		Lagunas, Lagos y Ciénagas Naturales	3.64	0.01
5141		Embalses	1,234.07	2.67
TOTAL			46,299.49	100.00

Adaptado de: (Alcaldía Campoalegre Huila, 2016)

Por otra parte, el uso de los suelos y la productividad de ellos dependen de la disponibilidad del recurso hídrico de la zona. En el caso de Campoalegre, que sus cultivos de producción requieren de una amplia disponibilidad de agua para inundar los terrenos cultivados en arroz, cuentan con una variedad

de cuencas hidrográficas muy amplias, una de ellas es “El río Magdalena, es el eje del sistema hidrográfico del departamento del Huila, donde confluyen los numerosos ríos y quebradas que nacen en las estribaciones de las cordilleras central y oriental y del Macizo Colombiano” (Alcaldía Campoalegre Huila, 2016).

El manejo exitoso a sus grandes extensiones, el tipo de pendiente y la disponibilidad del recurso hídrico que maneja el sector han generado el respaldo social y económico de esta comunidad.

Las siguientes subcuencas, cuencas y microcuencas son los afluentes que bañan el territorio Campoalegruno y desembocan aguas abajo al Río Magdalena.

Figura 2: Recurso hídrico que transcurre por el municipio de Campoalegre Huila.

SUCBUENCA	CUENCA	MICROCUENCAS	AREA (Has)	%	
RIO NEIVA	RIO NEIVA		4,132.54	8.93	
	QUEBRADA LA SARDINATA	Q. RIVERA	856.19	14.19	
		Q. BEJUCAL	1,628.12		
		Q. EL VOLCAN	856.23		
	QUEBRADA LA CARAGUAJA	Q. LA SARDINATA	3,032.85	18.74	
		Q. LA CARAGUAJA	3,698.32		
		Q. SAN ISIDRO	1,036.09		
		Q. CHONTADURO	1,512.23		
	QUEBRADA LA CIENAGA	Q. LAS TAPIAS	1,527.63	23.92	
		Q. EL IGUA	771.60		
		Q. PEÑABLANCA	51.94		
	RIO FRÍO	Q. EL BEJUCAL (2)	483.08	12.16	
		Q. LA CIENAGA	8,767.42		
		QUEBRADA OTAS	2,096.40		4.53
		QUEBRADA PRIMICIA	178.08		0.38
		QUEBRADA EL BOSQUE	168.11		0.36
		QUEBRADA DEL MEDIO	148.17		0.32
		QUEBRADA SAN ANDRES	212.27		0.46
		QUEBRADA EL GUADUAL	583.78		1.91
		QUEBRADA CHONTO	1,018.82		2.20
		QUEBRADA LA PUERTA	276.19		0.60
		QUEBRADA LA PEDREGOSA	75.63		0.16
		QUEBRADA LA LOZADA	153.15		0.33
QUEBRADA LAS TORTOLAS	58.60	0.13			
QUEBRADA QUENGUE	373.37	0.81			
ZANJA DEL OSO	45.52	0.10			
ZANJA VALENTIN	59.85	0.13			
RIO MAGDALENA	AFLUENTES DIRECTOS - RIO MAGDALENA		4,468.28	9.65	
TOTAL			46,299.49	100.00	

Adaptado de: (Alcaldía Campoalegre Huila, 2016)

Campoalegre en un 60% es una zona relativamente plana, por sus características antes mencionadas presenta una alta tendencia a correr riesgo por inundación. Por este motivo

se realiza el estudio de caso utilizando los sistemas de información geográfica con el fin de conocer el área de riesgo de inundación que presenta la zona.

Metodología

Para el desarrollo del análisis multicriterio del municipio de Campoalegre Huila se utilizó el software ArcGIS Pro desarrollando los siguientes pasos:

Descargar el modelo de elevación digital DEM del Departamento del Huila, de la página web el Geoportal USGS.

Se selecciono el municipio de Campoalegre Huila, luego se realizó la extracción del raster y como resultado se obtuvo el DEM del municipio.

Utilizando el DEM del municipio se realizó el procedimiento para determinar las curvas de nivel y pendientes.

Figura 3: Ráster de pendiente



Adaptado de: Mapa base del, (IGAC, 2024)

En la segunda fase se descargó de la página del IGAC la capa vectorial drenaje doble y sencillo del departamento del Huila.

Se descargo el mapa de reclasificación de tierras por su oferta ambiental en la escala 1:100

000 del IGAC, con esta información se delimito la cuenca rio frio del municipio de Campoalegre.

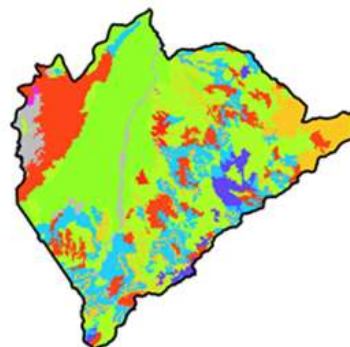
Figura 4: DEM municipio de Campoalegre



Adaptado de: Mapa base del, (IGAC, 2024)

En la tercera fase se cargaron las capas modelo de elevación digital DEM del municipio de Campoalegre, el raster de pendientes identificado en la fase anterior, se agregó la capa de coberturas de tierra land cover y la capa de precipitación donde se maneja el mes de noviembre.

Figura 5: Capa cobertura de tierra



Adaptado de: Mapa base del, (IGAC, 2024).

Una vez realizado el proceso sobre las capas procedemos hallar la capa distancia entre drenajes, primero se utiliza el ráster DEM_Campoalegre asiendo los pasos del 1 al 3 usados en la fase 3 de la guía de actividades para poder obtener el ráster (Flow accumulation), seguido de esto se hace los siguientes geoprosesos (FlowAcc_municipio, la distancia entre canales, la reclasificacion del FlowAcc_municipio para hallar Strems_Municipio y la distancia Euclidiana ver figura 6).

Figura 6. Mapa distancia Euclidiana



Adaptado de: Mapa base del (IGAC, 2024)

Figura 7 Criterios análisis de riesgos inundación

Criterios de análisis para riesgo de inundación

Factor	Porcentaje
Modelo de elevación digital DEM	10%
Pendientes	15%
Cobertura de tierras (Land cover)	10%
Precipitación	35%
Distancia entre drenajes	30%
Total	100%

Adoptado de la guía fase 4, Diplomado de sistema de información Geográfica, UNAD.

Se hace las reclasificaciones del (DEM, pendientes, precipitaciones, coberturas de tierra y distancia de drenajes).

Una vez obtenido la reclasificación de los factores se realiza una suma ponderada de todos los valores, con el objetivo de combinar los datos en función al peso dependiendo de la importancia. Se genera el mapa de riesgo de inundación del municipio de Campoalegre según la figura 7. de reclasificación.

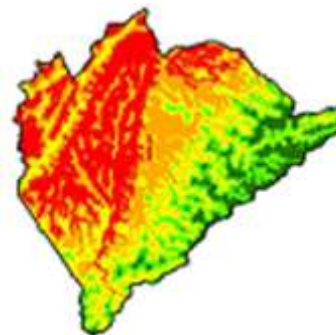
Como resultado se obtiene modelación de riesgo por inundación del municipio de Campoalegre según la figura 8 y 9.

Figura 8. reclasificación por riesgo de inundación.

Reclasificación de riesgo por inundación

Clasificación cualitativa	Valores	Simbología
Riesgo muy bajo	1	Verde oscuro
Riesgo bajo	2	Verde claro
Riesgo medio	3	Amarillo
Riesgo alto	4	Naranja
Riesgo muy alto	5	Rojo

Figura9.mapa recla_inundación_Campoalegre



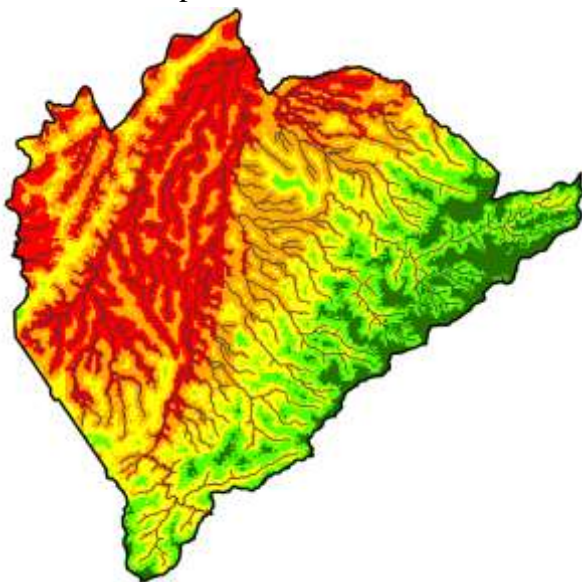
Adaptado de: Mapa base del (IGAC, 2024)

En la cuarta fase pasó el formato ráster reclas de inundación Campoalegre, de ráster a polígono y luego en la tabla de atributos se seleccionó la opción disolver (disolver el gridcode), para simplificar los datos, se agregaron dos columnas a la tabla (Class_riesgo_inundación y la unidad de medida área km2). Una vez organizadas las tablas con sus atributos como:(

Class_riesgo_inundación, área km², Gridcode), se hizo la reclasificación con sus respectivos colores como se observa en la figura 8. y se determina el área.

mapa vectorial de riesgo de inundación con sus respectivas vertientes, ver figura 10.

Figura 10. mapa vectorial de riesgo de Inundación Mapa base del IGAC.



Adaptado de: Mapa base del (IGAC, 2024)

Una vez generado este mapa vectorial de riesgo de inundación de Campoalegre Huila, se realizaron los respectivos análisis de riesgo de inundación en las áreas críticas de mayor y menor riesgo según la clasificación cualitativa.

El modelo de análisis multicriterio tiene como objetivo llevar a cabo un estudio analítico implementando el uso de mapas cartográficos, mostrando diversas opciones y alternativas ante posibles fenómenos naturales como una avenida torrencial, identificando los puntos críticos del municipio de Campoalegre Huila y las cuencas de mayor influencia (rio Neiva, quebrada rio Frio, la Caraguaja y San Isidro).

En este caso cada variable se trabajó adaptándose a la aplicación del análisis, se realizó una combinación y a partir de estos criterios se obtuvo una respuesta cuantitativa que se expresó en las diferentes clasificaciones cualitativas reportando las áreas en km² obteniendo como resultado final la clasificación de 5 clases de riesgo presentadas para el mapa del municipio de Campoalegre Huila. (figura 10).

Resultados

Figura 11. Clasificación inundación.



¿Cuáles son las áreas con mayor y menor riesgo de inundación según la clasificación cualitativa del riesgo?

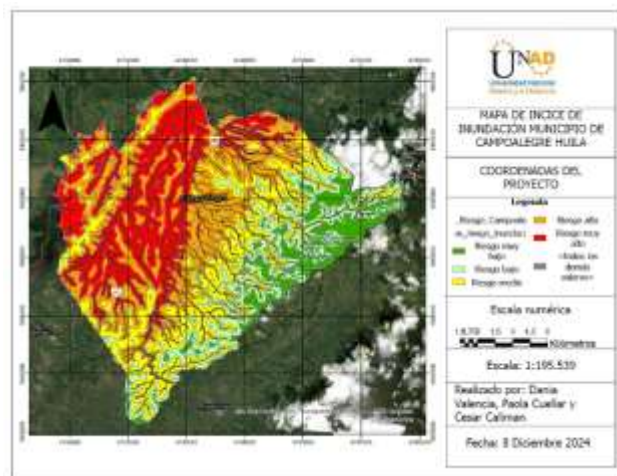
De acuerdo con la figura 10 que se presenta, el riesgo alto y muy alto expresa un área de 248.4 km², considerando un porcentaje del 54.1% del área del municipio de Campoalegre; siendo esta área la de mayor susceptibilidad a inundaciones, puesto que la topografía del terreno es más plana permitiendo que los ríos salgan de su cauce natural en periodos de fenómeno de niña. A esto se le suma que en esta área cruza el Rio Neiva siendo el afluente de mayor caudal considerable para inundación.

Se identifico que la zona de riesgo medio de inundación corresponde a 108.4 mk2 correspondiente al 23.6 % del área total del municipio.

Se identifico que el área de riesgo baja y muy bajo de inundación corres a 102.4 mk2 correspondientes al 22.3% del área total del municipio.

Figura 12. Mapa Índice de inundación.

Adaptado de: Mapa base del (IGAC, 2024)



La variabilidad del cambio climático y las fuertes precipitaciones se ha convertido en uno de los factores principales, causal de significativos daños en el municipio de Campoalegre Huila afectando el desarrollo social, económico, cultural sostenible. Campoalegre cuenta con las cuencas río Neiva y la quebrada río Frio, las cuales han provocado inundaciones representativas en el municipio afectando más de 5 barrios y provocando pérdidas en el sector urbano, daños a infraestructura de captación de agua potable, y daños al sector arrocero y agropecuario como la ganadería entre otras.

Tabla 2. Tabla de atributos de riesgo

Gridco de	Class_riesgo_inundación	Area_K m2
1	Riesgo muy bajo	36,4
2	Riesgo bajo	66,0
3	Riesgo medio	108,4
4	Riesgo alto	121,7
5	Riesgo muy alto	126,7

Al analizar la tabla de atributos podemos interpretar que 126.72 km² es el área con mayor riesgo de inundación (riesgo muy alto) el cual comprende al punto más cercano al caudal del río Neiva y se demarca con el color rojo, ver figura 11. Por otra parte, cabe destacar que gran parte de esta área se encuentra la zona agrícola como cultivos de arroz.

La zona con riesgo alto comprende de un área de 121.70 km² representada con el color naranja, ver figura 11. Esta zona se encuentran las cuencas de (Río Frio, la Caraguaja y San Isidro) que afecta la parte urbana del municipio de Campoalegre.

Se identifico la zona de muy bajo riesgo de inundación que comprende de un área de 36.4 km² representada por el color verde oscuro ver Figura 11. en la parte alta del municipio.

En los antecedentes del municipio de Campoalegre Huila, se confirmó el riesgo de inundación como lo describe (Hernández, L., & Manchego Acevedo, S. 2019) en su trabajo de grado, según las afectaciones por inundación. El mapa índice de inundación muestra que el área total del municipio de Campoalegre Huila corresponde a 459.6 km² de los cuales se

determinó que 356.8 km² equivalen al área total del municipio de Campoalegre Huila con riesgo de inundación, lo que equivale al 77 % del área total.

Conclusiones

El relieve que conforma el territorio de Campoalegre conocido coloquialmente como “llano grande” converge áreas con alturas baja desde 456 m.s.n.m y contrasta con alturas máximas de 3.250 m.s.n.m donde se ubica el parque de reserva natural la Siberia, allí nacen los ríos (Rio Neiva, Rio Frio, la Caraguaja y San Isidro), a raíz de esa notoria variación de la cota Según los datos expuestos se concluye que Campoalegre tiene un área de 126.72 km² que se encuentra en riesgo muy alto por inundación. Esta área se encuentra ubicada al occidente desde el límite por el río Magdalena, la represa de Betania y por donde pasa el río Neiva, toda esta zona equivale a un 27.6% que comprende la zona agrícola de mayor desarrollo agropecuario.

En virtud de la información obtenida en la investigación 121.7 km² equivale al área con riesgo alto ubica la parte urbana y centros poblados (Otas, Rio Neiva, Tinajitas, la Vega), que comprende alturas desde 525 m.s.n.m hasta 800 m.s.n.m con un promedio del 26.5% del área de inundación según el análisis multicriterio.

En conclusión, el municipio de Campoalegre presenta el 14.4% del área en riesgo de bajo y 7.9% de muy bajo riesgo de inundación.

Recomendaciones

En el municipio de Campoalegre Huila se generó el pasado 21 de febrero del 2017 (Méndez Hernández & Manchego Acevedo, 2019,p.14), una avenida torrencial en la cuenca del Río Neiva y río Frio; siendo estas vertientes

importantes como área de estudio para identificar las zonas de mayor riesgo y menor riesgo de inundación enfocando alertas tempranas de mitigación como: drenado del río para organizar su cauce, programas de reforestación de las cuencas, realizar monitoreo permanente a las anteriores cuenca mencionadas para identificar posibles eventos torrenciales y alertar a las comunidades de ubicadas al margen de los ríos.

Referencias bibliográficas

Caballero, J. (2011). Las avenidas torrenciales: una amenaza potencial en el valle de Aburrá. *Gestión y Ambiente*, 45-50.

Méndez Hernández, L., & Manchego Acevedo, S. (2019). Causas de las avenidas torrenciales e inundaciones rápidas en el Departamento del Huila en los municipios de Algeciras, Campoalegre, Neiva y Rivera en febrero del 2017.

Alcaldía Campoalegre Huila. (2 de 12 de 2016). *AlcaldiacampoalegreHuila. Gov.co*. Obtenido de <https://www.campoalegre-huila.gov.co/Transparencia/Plan%20basico%20Ordenamiento/PBOT%202019/04%20FORMULACION%20PBOT%20CAMPOALEGRE%202016.pdf>

DANE. (2023). *Telencuestas.com*. Obtenido de *Telencuestas.com*: <https://telencuestas.com/censos-de-poblacion/colombia/2023/huila/campoalegre>

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.

CRAI USTA Bucaramanga. (2020). *Informe de
recursos y servicios bibliográficos*.
Bucaramanga: Universidad Santo
Tomás.

Galvis García, R. E. (2020). *Guía Resumen del
Estilo APA Séptima Edición*.
Universidad Santo Tomás.

IGAC. (2024). *Instituto Geografico Agustin
Codazzi*. Recuperado el 09 de diciembre
de 2024, de Colombia en Mapas:
<https://www.colombiaenmapas.gov.co/>

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/AsiOrFhA6no>