

**ANÁLISIS DE AMENAZA POR INUNDACIONES EN EL MUNICIPIO DE SAN  
MARCOS, SUCRE MEDIANTE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO EN SISTEMAS  
DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**SERGIO LUIS VERGARA NORIEGA**

**TRABAJO DE GRADO**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
PROGRAMA DE GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE  
MONTERÍA – CÓRDOBA**

**2019**

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>2. ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	10
<b>2.1. Localización del área de estudio</b> .....	11
<b>2.2. Características geográficas</b> .....	12
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	13
<b>3.1 .Criterios evaluados para la determinación de zonas de amenaza por inundación</b> 18	
<b>3.2 . Indicadores para el análisis de la amenaza por inundación</b> .....	23
<b>4. Zonificación de Amenaza por inundación</b> .....	24
<b>5. DISCUSIONES</b> .....	31
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	33
<b>7. Bibliografía</b> .....	35

## TABLA DE FIGURAS

figura 1: localización geográfica.....	11
figura 2: características geograficas .....	12
figura 3: esquema metodológico.....	16
figura 4: modelo cartográfico .....	17
figura 5: zonificación de amenaza por inundación en el municipio de san Marcos, sucre .....	24
figura 6: geomorfología local en el municipio de San Marcos, Sucre .....	25
figura 7: Centros poblados expuestos a amenaza por inundación en el municipio de San Marcos, Sucre.....	26
figura 8: corregimientos expuestos a amenaza por inundación en el municipio de San Marcos, Sucre.....	28
figura 9: usos del suelo en el municipio de San Marcos, Sucre. ....	30

## TABLAS

<b>Tabla 1:</b> información espacial empleada .....	15
<b>Tabla 2:</b> Criterios de geomorfología, pendiente del terreno y sus porcentajes de influencia.....	18
<b>Tabla 3:</b> criterios de geología y su porcentaje de influencia .....	19
<b>Tabla 4:</b> Criterios de distancias a drenajes a sencillos, drenajes dobles y ciénagas y sus porcentajes de influencia.....	20
<b>Tabla 5:</b> criterios de distancias a lagunas, pantanos y centros poblados y sus porcentajes de influencia .....	21
<b>Tabla 6:</b> criterios de uso de suelo, características del suelo y sus porcentajes de influencia. ....	22
<b>Tabla 7:</b> centros poblados expuestos a amenaza por inundación en el municipio de San Marcos, Sucre.....	27
<b>Tabla 8:</b> corregimientos expuestos a amenazas por hectáreas en el municipio de San Marcos ...	29
<b>Tabla 9:</b> Áreas de actividad agrícola y pecuaria expuestas a amenazas .....	31

# ANÁLISIS DE AMENAZA POR INUNDACIONES EN EL MUNICIPIO DE SAN MARCOS, SUCRE MEDIANTE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

*Sergio Luis Vergara Noriega\**

Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Córdoba

## **Resumen**

Las inundaciones fluviales relacionadas a encharcamientos son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, representando una de las mayores amenazas naturales a las que puede estar expuesta un municipio y sus diferentes bienes económicos, siempre y cuando se establezcan por el aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, originando desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas. Por ello en la presente investigación se determinarán las zonas susceptibles de amenaza por inundación en el municipio de San Marcos, Sucre. De los resultados obtenidos muestra que el área total del municipio el 69,1% representa amenaza alta, el 30,2% amenaza media y seguidamente el 0,5% con amenaza baja, de igual modo, las áreas expuestas a amenazas corresponden a los 10 corregimientos, 31 centros poblados y área urbana, debido a factores hidrogeográfico y natural. De igual manera el uso de los sistemas de información geográfica (SIG) como herramientas que permitan el procesamiento y análisis de la información espacial.

**Palabras Claves:** inundaciones fluviales, amenaza, evaluación multicriterio, SIG, rio San Jorge, Ciénaga San Marcos.

---

\*Estudiante de geografía. Trabajo de grado 2019.

## **Abstract**

River floods related to waterlogging are potentially destructive recurring hydrological phenomena, representing one of the greatest natural threats to which they may be exposed in a municipality and its different economic assets, provided that the progressive increase in the level of contained waters is established of a channel exceeding the height of the natural or artificial shores, causing overflow and dispersion of the waters on the floodplains and areas adjacent to the normally not submerged watercourses. Therefore, in the present investigation the areas susceptible to flood threat in the municipality of San Marcos, Sucre will be determined. Of the results detected, the total area of the municipality shows 69.1% representing high threat, 30.2% medium threat and then 0.5% with low threat, in the same way, the areas exposed to threats corresponding to the 10 corregimientos, 31 populated centers and urban area, due to hydrogeographic and natural factors. Similarly, the use of geographic information systems (GIS) as tools that specify the processing and analysis of spatial information.

Keywords: river floods, threat, multi-criteria assessment, GIS, San Jorge River, San Marcos Swamp

## 1. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son consideradas el desastre natural que afecta más población que cualquier otro alrededor del mundo. También pueden, en ciertas ocasiones, afectar áreas que tradicionalmente padecían sequías y van asociadas o pueden generar otros fenómenos como deslizamientos, epidemias o hambrunas. Las inundaciones generan pérdidas económicas y de vidas, además van asociadas a las enfermedades virales y la obstrucción temporal de las vías de comunicación. Los impactos se pueden medir teniendo en cuenta las perturbaciones y destrucción de los medios de subsistencia y de los cambios en las condiciones socio-económicas de la población afectada. Todas las pérdidas económicas, de tierras, animales y los problemas asociados a este fenómeno se presentan durante los meses siguientes y en algunos casos durante años después de pasada la inundación. (Blaikie *et al*, 1996).

El estudio de las amenazas hace referencia a los procesos externos e internos a un sistema de origen natural, antrópico o socio natural, que interactúan con este y que tienen el potencial de inducir una transformación significativa en él, ya sea de manera lenta o súbita. En este sentido, se refiere a la condición física con el potencial de causar consecuencias no deseables o daños sobre la población, los ecosistemas de que se valen o sus medios de vida. En este punto es necesario resaltar que la mayoría de las configuraciones ambientales o territoriales están expuestas a perturbaciones (amenazas) múltiples, interactuantes. (Rodríguez, *et al* 2017).

La sub región de La Mojana, se encuentra conformado por once municipios, donde se ubica San Marcos, Sucre, y a su vez conforma la subregión San Jorge. Al momento de presentarse el fenómeno de inundación tiene gran susceptibilidad en esta parte del territorio colombiano, es decir, se unen tres importantes ríos como lo son los ríos Cauca, San Jorge y Magdalena; donde se

desbordan causando grandes emergencias a la población aledaña dejando consigo damnificados. (Espitia & Páez, 2014).

Asimismo, el municipio presenta una serie de características biofísicas particulares que constituyen ampliamente su riesgo y vulnerabilidad a las inundaciones; en primer lugar este se localiza en el complejo cenagoso y de amortiguamiento de La Mojana sucreña, compuesta por una amplia red de humedales y múltiples sistemas naturales que condicionan la ocurrencia de las inundaciones, constituyéndose en el plano inundable del bajo San Jorge con aproximadamente 400 cuerpos de agua de los cuales San Marcos posee 49 de ellos, entre los que se encuentran complejos de ciénagas microcuencas como Caño Caimanes y Caño Mosquito ( Espitia & Páez, 2014).

De igual manera, los aportes que los caños y ciénagas reciben, por precipitación directa y escorrentía, en promedio superan los 2000, así mismo, en la zona donde se encuentra localizado el municipio de San Marcos, es de precipitación baja, su porcentaje de lluvia media anual es del 4%, lo cual indica que en las sub cuencas del río San Jorge y la de Ciénaga de San Marcos, hay aproximadamente valores inferiores a los 1600 mm al año ( Universidad Nacional & Departamento Nacional de Planeación , 2011).

Para efectos de la investigación, este estudio de caso tiene como foco analizar los factores que determinan las áreas susceptibles de amenaza por inundación en el municipio de San Marcos Sucre. Puesto que cuenta con unas características especiales que la hacen ser más accesible al estudio, por ejemplo: Es considerada culturalmente como la capital de La Mojana, es la entrada terrestre a la región, es una centralidad económica y productiva, es la sede de la Corporación regional de La Mojana (CORPOMOJANA) y al igual que la mayoría de los municipios de la región

cuenta con morfología plana, baja y cenagosa que la hace propensa a inundaciones (Ortiz *et al* 2004, p. 6).

De igual forma, el uso de los sistemas de información geográfica en estudios de amenaza, representa de manera significativa, buscar soluciones que permitan analizar y representar de forma concisa diferentes fenómenos que se desarrollan en el territorio; sin embargo, es necesario partir de diferentes criterios definidos y evaluados para sustentar cualquier tipo de estudio o investigación que requiera un SIG, como se dispone en el trabajo de Olivera (*et al* 2011) donde se emplearon los SIG y la evaluación multicriterio para la determinar zonas susceptibles a inundaciones en la cuenca de Guanabo en Cuba, teniendo en cuenta variables físicas del terreno (geología, geomorfología, uso de suelo, pendiente, índice de humedad y dirección de flujo), procesadas mediante el método estadístico de ponderación de atributos y la evaluación según criterios de expertos.

Igualmente, en el estudio realizado por Vera y López, (2010) se dispone lo siguiente: “Se evaluó el nivel de peligro a partir de la consideración de las variables que describen las características propias de las inundaciones (frecuencia, altura máxima y extensión máxima) y, por otro lado, las aquellas que influyen en la presencia de las mismas (hundimientos o subsidencia, inclinación del terreno, capacidad potencial de la infraestructura hidráulica). Asimismo, el análisis se apoyó tanto en la evaluación meteorológica para determinar su influencia en la magnitud de las inundaciones, como en el trabajo de campo” (p.1).

A partir de lo anterior, se realizó un análisis y zonificación de la amenaza por inundación por encharcamientos, mediante la superposición cartográfica ponderada de variables físicas que caracterizan la ocurrencia de las inundaciones en el municipio de San Marcos, sucre, con el

propósito de identificar poblaciones y actividades económicas que sean vulnerables a los eventos naturales ya mencionados. (Ver pág.24).

## **2. ÁREA DE ESTUDIO**

En este contexto, el municipio de San Marcos (Ver Figura 1), ubicado al sur del departamento de Sucre en la depresión Momposina, comprende una de las áreas más propensas a la ocurrencia de dichos eventos debido a factores naturales relacionados con el río San Jorge y complejo cenagoso, siendo esta la zona de amortiguamiento del río. De las 101.200 ha que constituyen el territorio del municipio, 23.400 ha aproximadamente están conformadas por cuerpos de agua, lo cual significa que el municipio se encuentra en un estado de vulnerabilidad, principalmente, durante el segundo semestre del año que es cuando ocurre la temporada de lluvias. (Alcaldía de San Marcos 2008, p. 9)

Debido a que, en esta zona se genera un proceso llamado basín. El cuál es la unidad más amplia del plano inundable, localizado atrás del dique natural, con extensión hacia los taludes de las terrazas o hacia la base de los piedemontes, o también hasta las márgenes externas de la llanura. Su topografía plano cóncava favorece el estancamiento tanto de las aguas de desborde, como de aquellas aportadas por pequeños tributarios intermitentes y la de las mismas lluvias, lo cual facilita a su vez la decantación de las partículas más finas. Aquí pueden distinguirse dos porciones bastante definidas, una que podría denominarse, cubeta de desborde, basín alto, en donde las aguas de desborde, se desplazan inicialmente hacia los tramos más bajos, para finalmente quedar cubierto durante un cierto periodo. La porción más baja, corresponde a la cubeta de decantación, en donde las aguas se destacan por largos periodos o aun en forma permanente, contribuyendo ciénagas (Villota & Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2005).

## 2.1. Localización del área de estudio

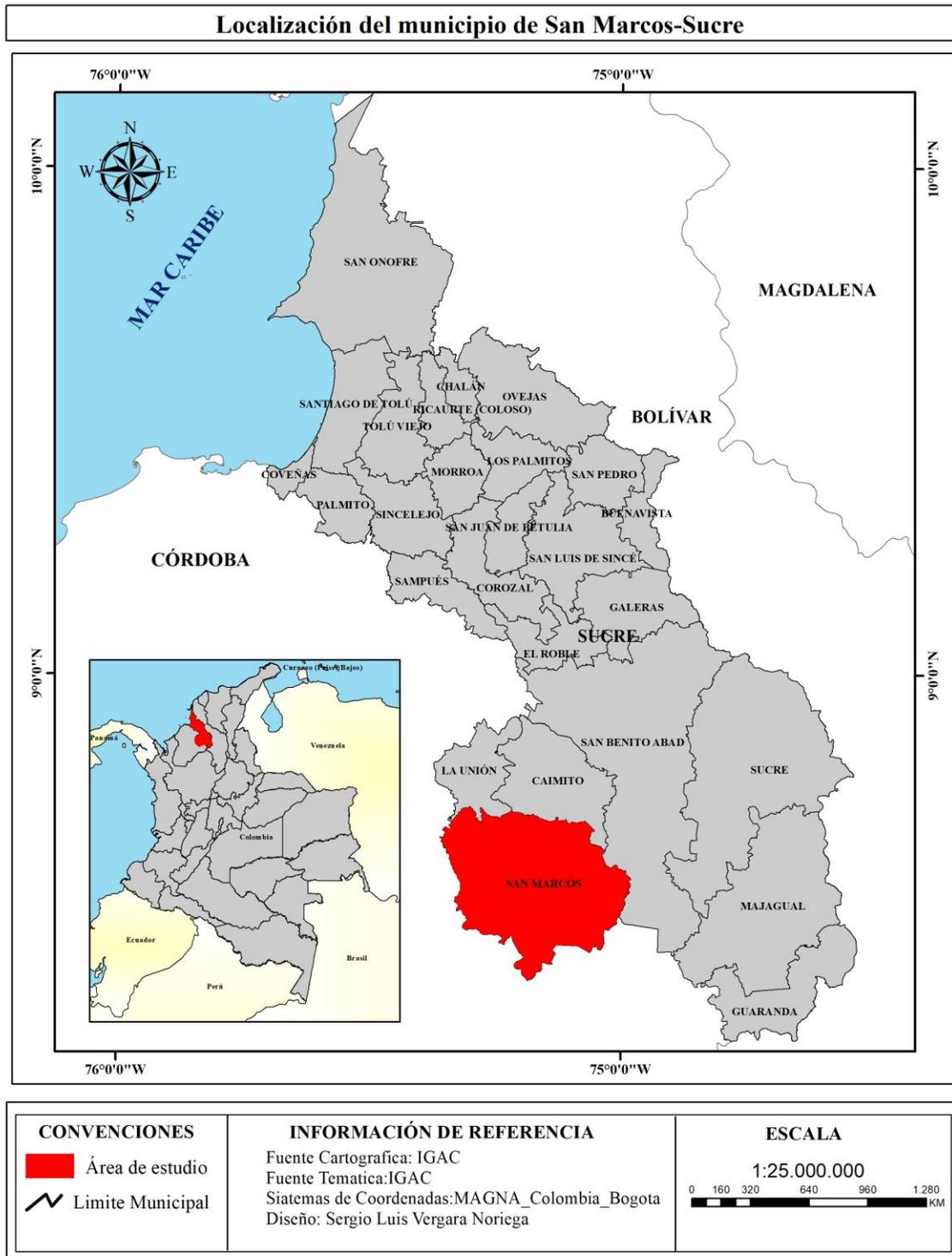


Figura 1: Localización geográfica

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, el municipio de San Marcos se localiza al norte del país, está ubicado al sur del departamento de Sucre en la Depresión Momposina, la cual es llamada la entrada a la región de La Mojana y a su vez conforma la subregión San Jorge. El cual, cuenta con una extensión total de 534,54 Km<sup>2</sup> y está dividido en 10 corregimientos, 31 veredas. (Ver Figura 2).

## 2.2. Características geográficas

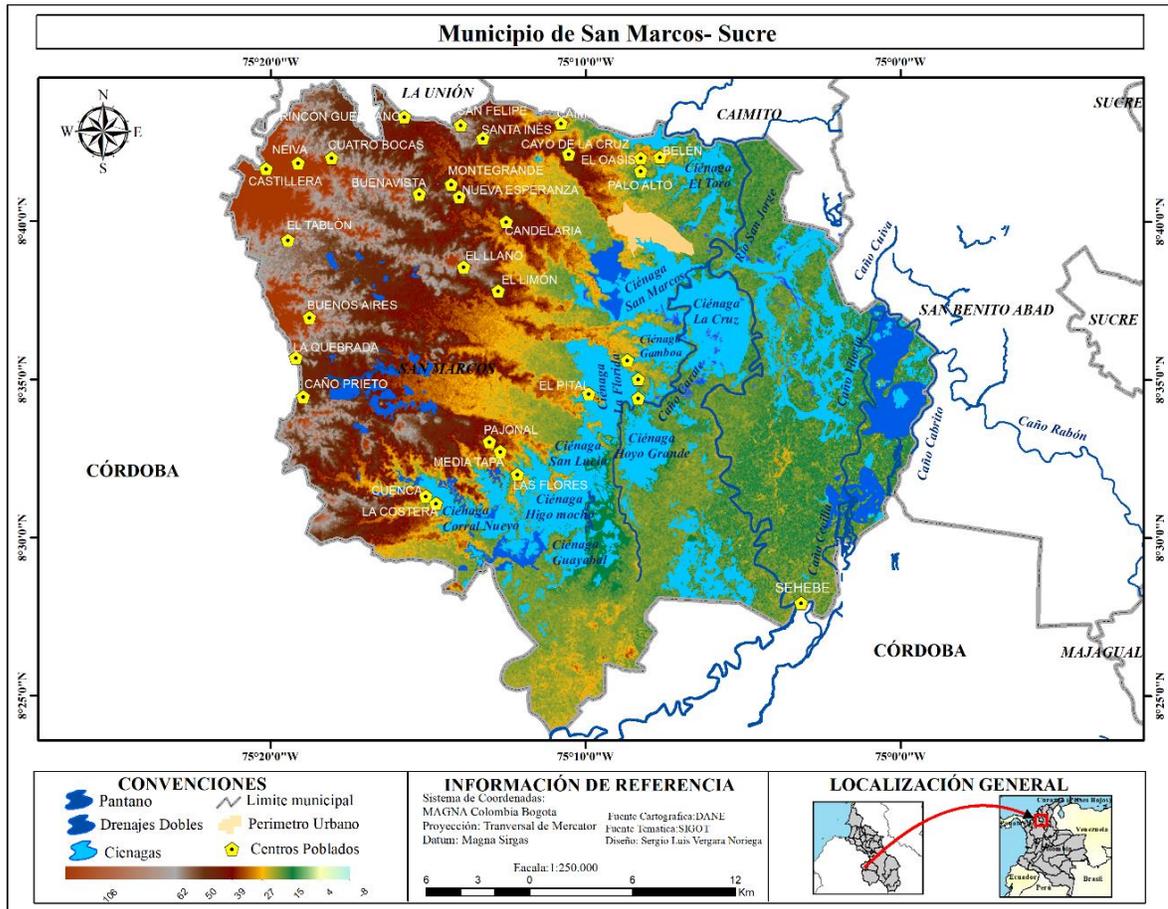


Figura 2: Características Geográficas

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera presenta una superficie de 101.200 hectáreas, territorio de topografía plana, baja y cenagosa influenciado por distintos cuerpos de aguas como lo son caños, arroyos, playones, canales y el río San Jorge, representando una amplia dinámica hídrica en el municipio. Además, presenta una altura de 25 metros sobre el nivel del mar. Así mismo, afloran sedimentos continentales no consolidados de origen fluvio lacustres con potentes depósitos terciarios a cuaternarios. (Plan básico de ordenamiento territorial San Marcos, Sucre, 2008).

Además, presenta una precipitación total anual que oscila entre los 1500 y 2500 milímetros de lluvia y temperaturas mayores a los 24° grados centígrados. (IDEAM, 2012).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

Para determinar la amenaza por inundación se sustentó el procedimiento metodológico multicriterio y sus respectivas escalas de medidas, donde se califica de 1 a 3, donde 1 es no favorable, 2 probablemente favorable y 3 favorable partiendo de una serie de criterios y variables. Cabe resaltar que es un estudio multiescalar donde se emplearon capas geográficas 1:100.000 y 1:25.000. De la misma manera, la información espacial, requirió datos de entrada en formato vectorial y ráster para el cálculo de índices de distancia y reclasificación de datos espaciales para generar un análisis detallado de lo que se requiere. Seguidamente, mediante evaluación multicriterio por parte de expertos y superposición cartográfica ponderada, se determinaron las zonas susceptibles a la amenaza por inundación.

En primera instancia, se realizó la revisión de información secundaria partir de artículos científicos y bases de datos geográficas (Ver Figura 3) Para la obtención de datos espaciales y textuales referentes al tema de investigación (Ver Tabla 1).

En la segunda fue necesario definir una serie de criterios y variables, para lo cual se requirió la consulta a varios expertos con conocimientos afines en las áreas de geología, geomorfología, edafología e hidrogeografía, bajo la sustentación de la metodología Delphi, la cual permitió recolección de información cualitativa y cuantitativa referente a la temática de interés.

De forma semejante, Delphi consiste en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos del futuro. Las estimaciones de los expertos se realizan en sucesivas rondas, anónimas, al objeto de tratar de conseguir consenso, pero con la máxima autonomía por parte de los participantes. (Listone y Turoff, 2002, P.3)

Partiendo de lo anterior, se puede inferir que a partir de la metodología Delphi, (2002) se puede abordar un problema de investigación a partir de la consulta a un grupo de expertos, los cuales basándose en sus conocimientos pueden aportar información cualitativa y cuantitativa que le permita al investigador clasificar y procesar dicha información, para así obtener resultados concretos.

**Tabla 1:** información espacial empleada

Datos espaciales	AÑO	FUENTE	ESCALA
Geomorfología	2012	SIAC	1:100.000
Drenajes Dobles	2017	IGAC	1:25.000
Drenajes Sencillos	2017	IGAC	1:25.000
Lagunas	2014	IGAC	1:25.000
Pantanos	2014	IGAC	1:25.000
Ciénagas	2017	IGAC	1:25.000
Centros Poblados	2017	DANE	1:25.000
Características del suelo	2018	IGAC	1:25.000
Uso del suelo	2018	IGAC	1:25.000
Pendiente del terreno	2017	Alos Palsar Vertex	Resolución 12.5 Metros
Vías	2017	DANE	1:25.000
Geología	2012	SGS	1:100.000

Fuente: Elaboración propia.

En este orden de ideas, la opinión de expertos permitió la calificación de los criterios a partir de una escala de medida sustentado por la metodología Delphi, y pesos relativos a cada una de las variables para determinar la importancia de cada una de estas (Ver tablas 2 - 6). Finalmente, En la última parte se empleó el módulo de superposición cartográfica ponderada del software ArcGIS 10.3.1 para la determinación de zonas susceptibles a inundaciones asociadas a encharcamientos en el municipio en mención (Ver Figura 4)

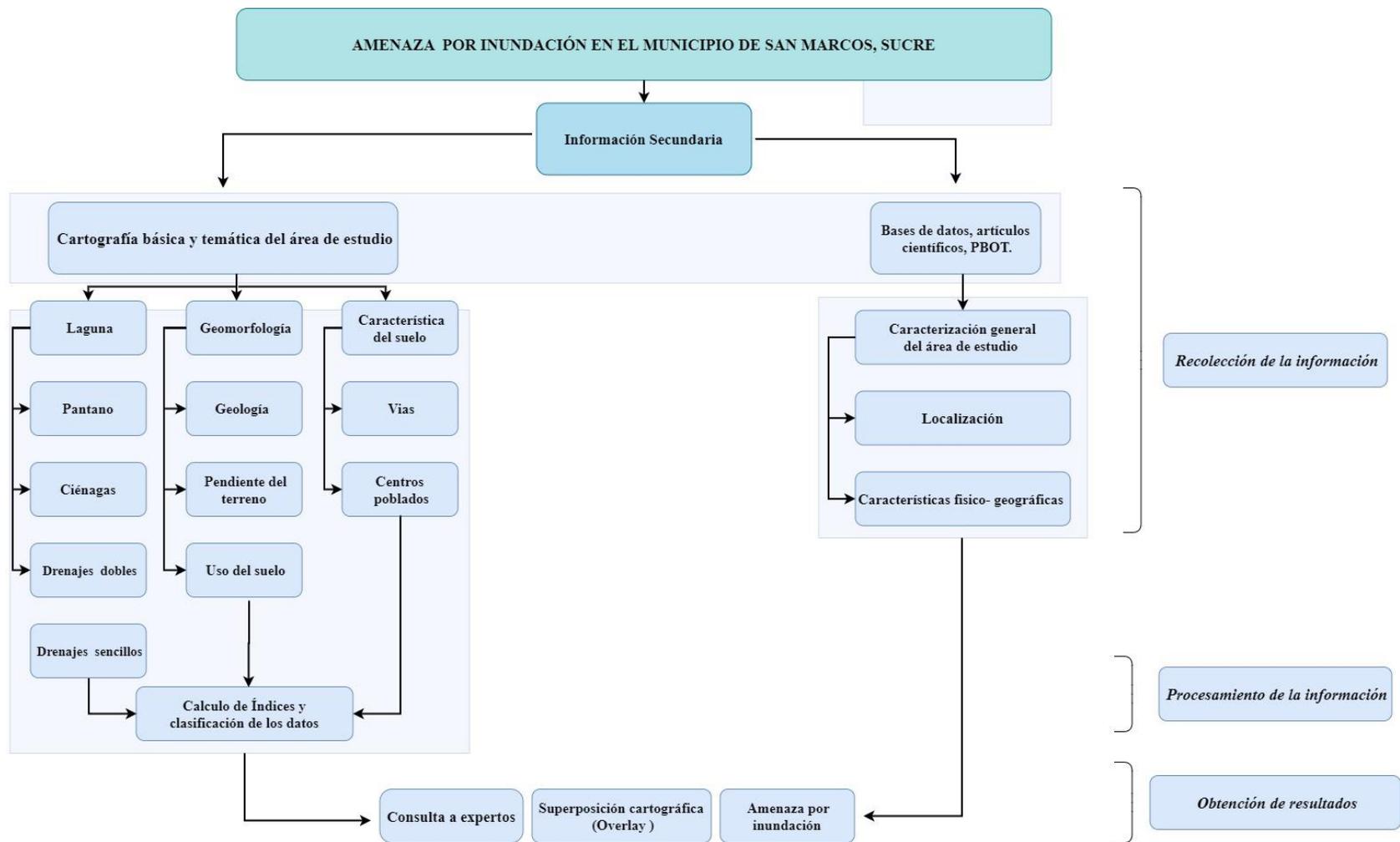


Figura 3: Esquema metodológico

Fuente: Elaboración propia.

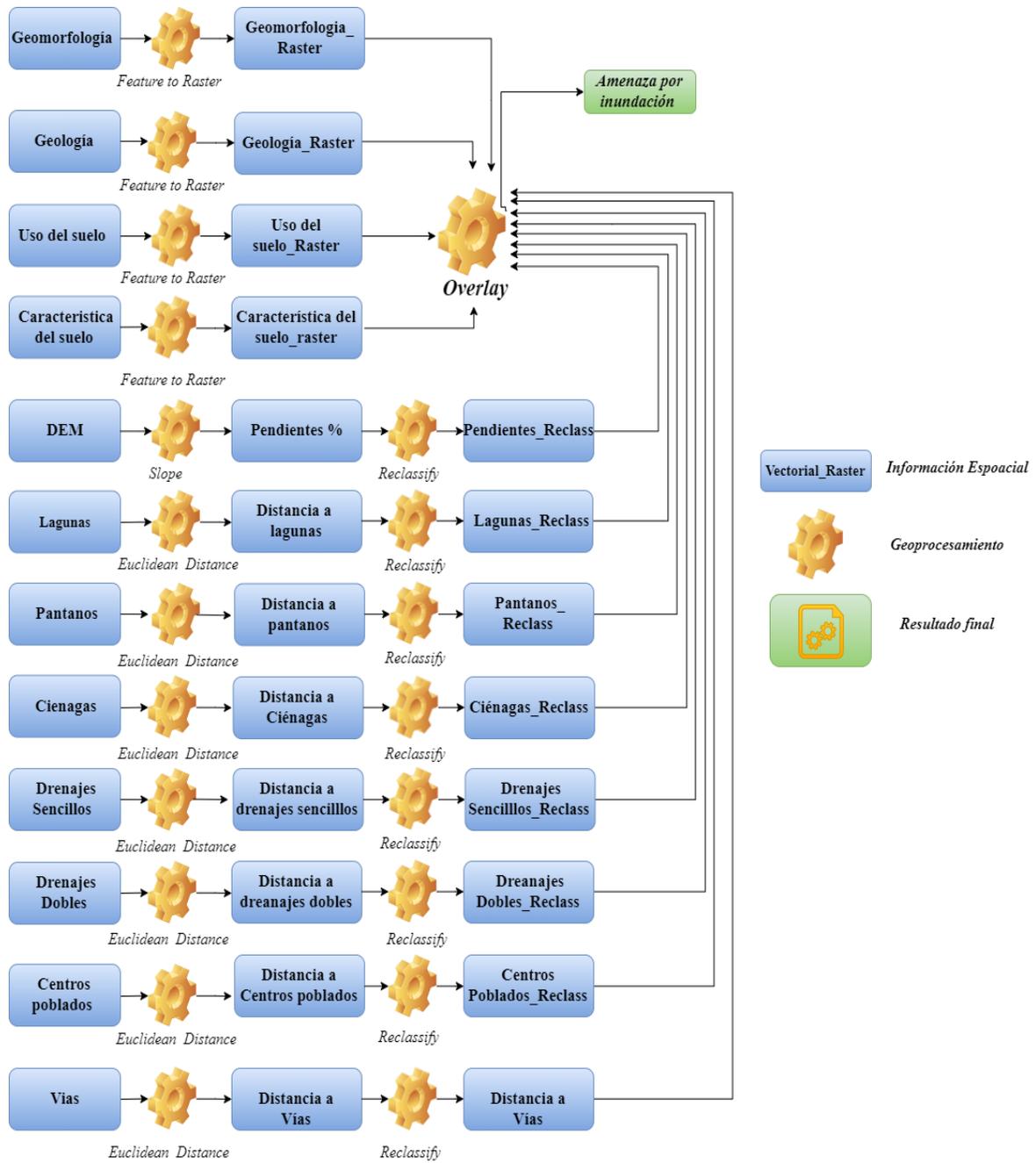


Figura 4: Modelo cartográfico

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.1 .Criterios evaluados para la determinación de zonas de amenaza por inundación

**Tabla 2:** Criterios de geomorfología, pendiente del terreno y sus porcentajes de influencia.

Criterio	Porcentaje de influencia	Categoría	Escala de medida
Geomorfología	25%	Planicie Aluvial, < 7%, Imperfecto a excesivo	3
		Planicie Aluvial, < 7%, Pobre a muy pobre	3
		Lomerío estructural erosional < 25 imperfecto a excesivo	1
		Valle aluvial < 7 % pobre a muy pobre	3
		Cuerpos de agua	3
		Zona Urbana	2
			3
Pendiente del terreno (%)	25%	0 - 1,7	3
		1,7- 6	3
		6,0- 9,1	3
		9,1- 12,7	2
		12,7 - 16,2	1
		16,2 - 20,4	1
		20,4 - 27,1	1
		27,1 - 40,9	1
		40,9 - 90	1

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 3:** *Criterios de geología y su porcentaje de influencia*

Criterio	Categoría	Porcentaje de Influencia	Escala de medida
		Depósito de aluviales finos	3
		Depósitos aluviales mezclados	3
		Aluviones mixtos	3
		Aluviones finos	3
Geología	5%	Arcillas acidas, gravas y arenas	2
		Cuerpos de agua, áreas inundables	3
		Arcillolitas	2

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 4:** Criterios de distancias a drenajes a sencillos, drenajes dobles y ciénagas y sus porcentajes de influencia.

Criterio	Porcentaje de influencia	Categoría	Escala de medida
Distancia a drenajes sencillos	6%	0 – 318	3
		318- 637	3
		637- 956	3
		956 - 1.274	2
		1.274 - 1.593	1
		1.593 - 1.912	1
		1.912 - 2.230	1
		2.230 - 2.549	1
		2.549 - 2.868	1
2.868 - 3.186	1		
Distancia a drenajes dobles	8%	0 - 1.684	3
		1.684 - 3.369	3
		3.369 - 5.054	3
		6.739 - 8.423	2
		6.739- 8.423	2
		8.423 - 10.108	1
		10.108 - 11.793	1
		11.793 - 13.478	1
		13.478 - 15.163	1
15.163 - 16.847	1		
Distancia a ciénagas	7%	0 - 1.259	3
		1.259 - 2.518	3
		2.518 - 3.778	3
		3.778 - 5.037	2
		5.037- 6.297	2
		6.297 - 7.556	2
		7.556 - 8.816	2
		8.816 - 10.075	1
		10.075 - 11.335	1
11.335 - 12.594	1		

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 5:** Criterios de distancias a lagunas, pantanos y centros poblados y sus porcentajes de influencia

Criterio	Porcentaje de influencia	Categoría	Escala de medida
Distancia a lagunas	7%	0 - 2.181	3
		2.181- 4.362	3
		4.362- 6.543	3
		6.543 - 8.724	2
		8.724 - 10.905	1
		10.905- 13.086	1
		13.086 - 15.267	1
		15.267- 17.449	1
		17.449- 19.630	1
		19.630 - 21.811	1
Distancia a Pantanos	7%	0 - 1.085	3
		1.085 - 2.171	3
		2.171 - 3.256	3
		3.256 - 4.342	2
		4.342 - 5.427	2
		5.427 - 6.513	2
		6.513 - 7.599	1
		7.599 - 8.684	1
		8.684 - 9.770	1
		9.770 - 10.855	1
Distancia a centros poblados	2%	0 - 1.689	3
		1.689- 3.378	3
		3.378- 5.067	3
		5.067 - 6.756	2
		6.756 - 8.445	2
		8.445 - 10.134	1
		10.134 - 11.823	1
		11.823 - 13.512	1
		13.512 - 15.201	1
		15.201 - 16.890	1
Distancia a las vías	2%	0 – 420	1
		420 – 841	1
		841 - 1.262	1
		1.262 - 1.683	2
		1.683 - 2.104	2
		2.104 - 2.524	2
		2.524 - 2.945	2
		2.945 - 3.366	3
		3.366 - 3.787	3
		3.787 - 4.208	3

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 6:** criterios de uso de suelo, características del suelo y sus porcentajes de influencia.

Criterio	Porcentaje de influencia	Categoría	Escala de medida
Uso actual del suelo	3%	Ganadera Extensiva	3
		Ganadera intensiva	2
		Protección-producción	2
		Agroforestal	2
		cuerpos de agua	3
		Zona Urbana	2
Características del Suelo	3%	Relieve plano, afectado por escurrimiento difuso	3
		Relieve plano cóncavo, acumulaciones fluviales anuales	3
		Áreas depositacionales plano cóncavas; microrelieve de zurales	3
		Relieve ligeramente ondulado a moderadamente quebrado; escurrimiento difuso y concentrado	1
		Relieve plano y ligeramente inclinado, escurrimiento difuso	2
		Zona urbana	2
		Cuerpo de agua	3
		drenaje moderado a bueno, gravilla superficial y erosión ligera y severa, fertilidad moderada	1
		Encharcamientos e inundaciones regulares, drenaje natural pobre a moderado, fertilidad moderada a alta.	2
		susceptibles a inundaciones y encharcamientos, pobre a imperfectamente drenados, fertilidad alta a moderada	3
		drenaje natural pobre a imperfecto, fertilidad alta a moderada	2

Fuente: Elaboración Propia.

### **3.2 . Indicadores para el análisis de la amenaza por inundación**

Los factores de geomorfología, geología, pendiente del terreno, características del suelo, uso del suelo, distancia a drenajes dobles y ciénagas, cumplen una importancia para el análisis de amenaza por inundación en el municipio de San Marcos, Sucre. Además, la opinión de los expertos, determinó la identificación de los criterios, variables y porcentaje de influencia que influyeron en el desarrollo de los resultados. Así pues, la geomorfología indica que las unidades geomorfológicas correspondientes a la planicie aluvial <7% cuyo sistema es imperfecto a excesivo, planicie aluvial <7% pobre a muy pobre, valle aluvial <7% pobre a muy pobre son más susceptibles a la inundación, en comparación a los lomeríos estructural erosional <25% presentan condiciones de mediana susceptibilidad a la ocurrencia de la inundación en algunos corregimientos del municipio, entre tanto en otros presentan baja susceptibilidad a la amenaza.

De igual importancia, la pendiente del terreno entre 0 y 6° de inclinación, ostenta la mayor condición de susceptibilidad a la hora de la ocurrencia de amenaza por inundación, por lo tanto las áreas del terreno que se asocian en su totalidad a suelos caracterizados por ser inundables o encharcamientos frecuentes o recurrentes. Además, se realizan por parte de los habitantes, actividades como la ganadería extensiva y agricultura que son los que más predominan en la región. De forma semejante, influyen los cuerpos de agua (0 y 4 Kilómetros), lo que genera una alta susceptibilidad ante la amenaza de inundación.

#### 4. Zonificación de Amenaza por inundación

El procedimiento arroja como resultado que el 69,1% del municipio de San Marcos, Sucre representa amenaza alta, el 30,2% amenaza media y seguidamente el 0,5% con amenaza baja. (Ver Figura 5).

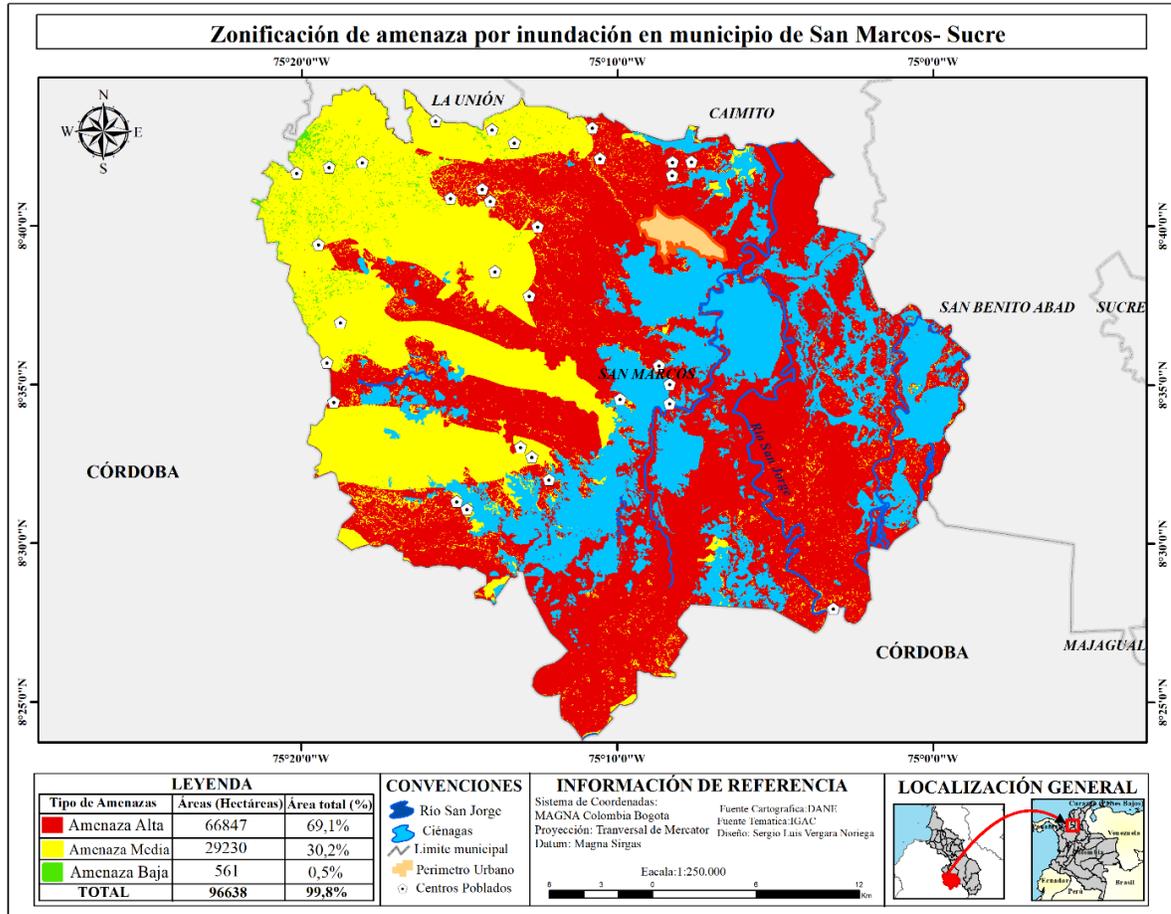


Figura 5: Zonificación de amenaza por inundación en el municipio de san Marcos, sucre

Fuente: Elaboración Propia.

De lo anterior se puede influir que los factores que se relacionan con las zonas susceptibles a inundación por encharcamientos son de origen natural y geomorfológico. Es decir, las áreas de amenaza alta corresponden a la planicie aluvial y se encuentra regido principalmente por la presencia de diferentes cuerpos de agua que predominan en el territorio de San Marcos, en su gran

mayoría son ciénagas, además de canales y caños que las conectan entre sí y el río San Jorge, hacen parte de una red hídrica que constituye al plano de inundación del municipio y zonas rurales. De igual manera, las zonas de amenaza media y baja, se relacionan con el valle aluvial y lomerío estructural erosional, por donde discurren los diferentes drenajes sencillos y artificiales hacia el interior del municipio, cambiando la dinámica del suelo en épocas de lluvias. (Ver Figura 6).

De igual manera, las condiciones en la infraestructura del casco urbano de San Marcos son inestables al momento de los eventos de las inundaciones, lo que lo hace más propenso a sufrir pérdidas económicas y físicas en los hogares, también por su cercanía al complejo cenagoso el escurrimiento de las aguas es lento por la pendiente del terreno y canales de desagüe.

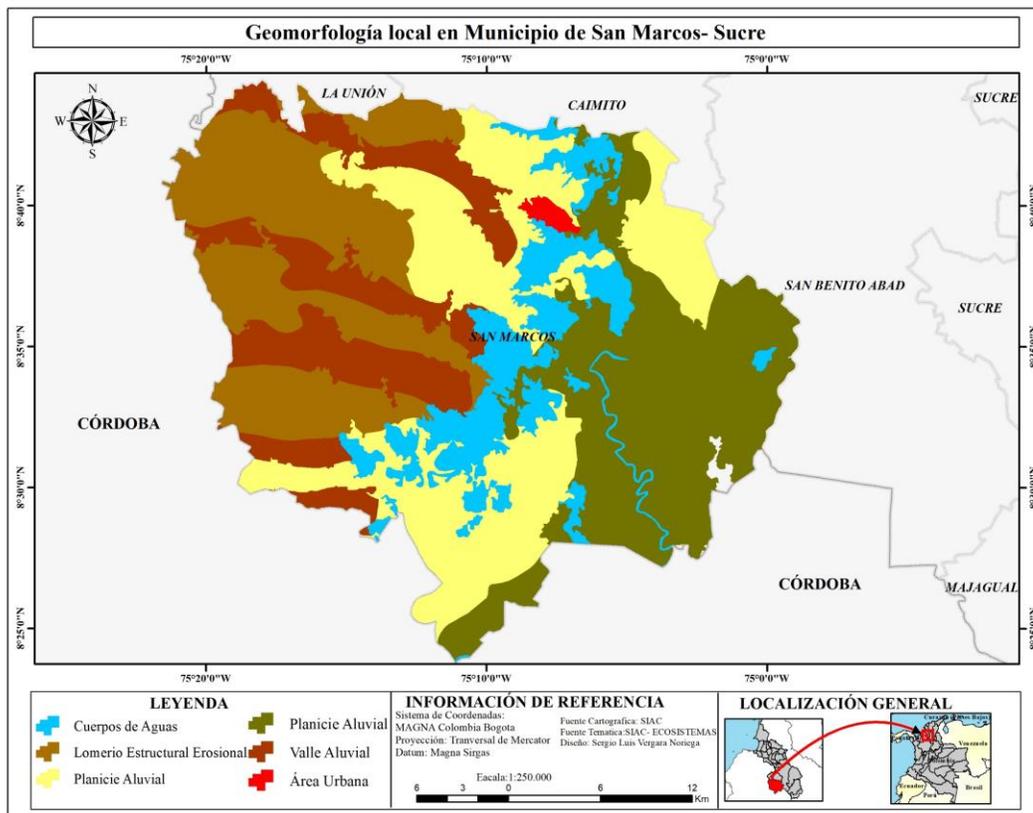


Figura 6: Geomorfología local en el municipio de San Marcos, Sucre

Fuente: Elaboración Propia.

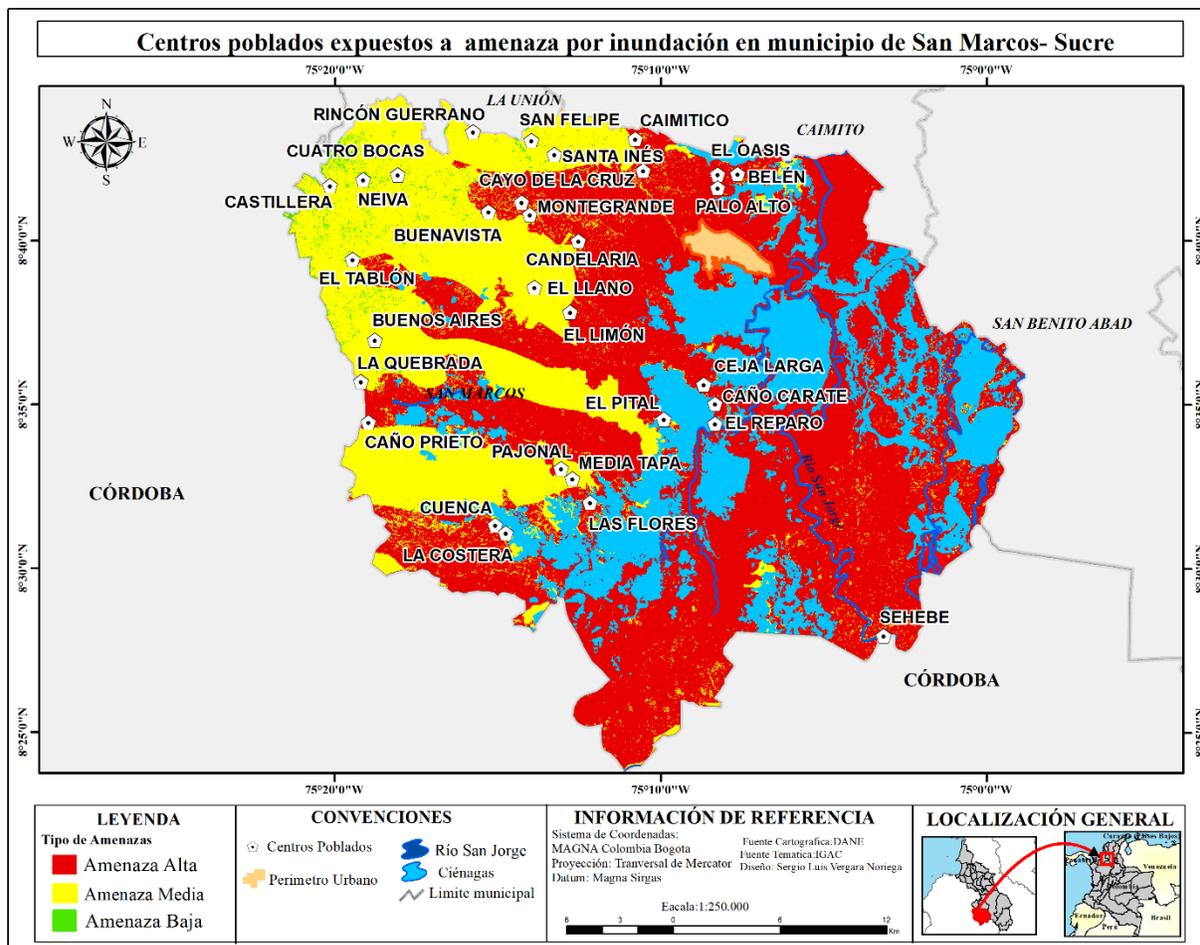


Figura 7: Centros poblados expuestos a amenaza por inundación en el municipio de San Marcos, Sucre.

Fuente: Elaboración Propia.

De este modo en la Figura 7 se representa los 31 centros poblados correspondientes al municipio de San Marcos y sus respectivas amenazas. (Ver tabla 7). Las condiciones a susceptibilidad obedece por su cercanía a los diferentes sistemas cenagosos como ejes naturales que influyen a las inundaciones; igualmente las actividades relacionadas con la ganadería y la agricultura de tipo extensivo, representan factores mayores a amenaza por inundación.

**Tabla 7: Centros poblados expuestos a amenaza por inundación en el municipio de San Marcos, Sucre.**

Centros Poblados	Amenaza Alta (HA)	Amenaza Media (HA)	Amenaza Baja ( HA)	Área total Amenazas (HA)
San Marcos	704,700	23,928	0	728,628
Buenavista	18,719	3,271	0	21,990
Candelaria	23,654	1,466	0	25,120
Caño Prieto	6,557	1,070	0	7,627
Cuenca	16,896	25,283	0	42,179
El Limón	27,542	16,693	0	44,235
El Tablón	1,120	10,861	0	11,981
Las Flores	24,596	4,777	0	29,373
Monte grande	25,280	5,304	0	30,584
El Pital	20,713	5,586	0	26,299
Santa Inés	0	51,334	1,303	53
El Llano	0	30,883	0	30,883
Neiva	0	7,973	1	8,687
Buenos Aires	0	5,760	0	5,760
Castillera	0	2,672	0	2,748
Cayo De La Cruz	58,595	6,840	0	65,435
Cuatro Bocas	0	3,129	0	3,470
La Costera	3	11,759	0	14,822
Rincón Guerrero	0	17,015	1	17,794
San Felipe	0	40,420	1	41
Sehebe	11	1,933	0	12,557
Caimitico	29,205	5,123	0	34,328
Caño Carate	1,883	0,305	0	2,188
Ceja Larga	1,705	0	0	1,705
El Reparó	3,234	1,432	0	4,666
Media Tapa	0	1,225	0	1,225
Nueva Esperanza	9,37	1,5103	0	10,878
Pajonal	0	4,138	0	4,138
Belén	115,992	3,139	0	119,131
Palo Alto	110,45	5,306	0	115,754
El Oasis	19,72	0,563	0	20,285
La Quebrada	0	4,918	0	4,918

Fuente: Elaboración propia.

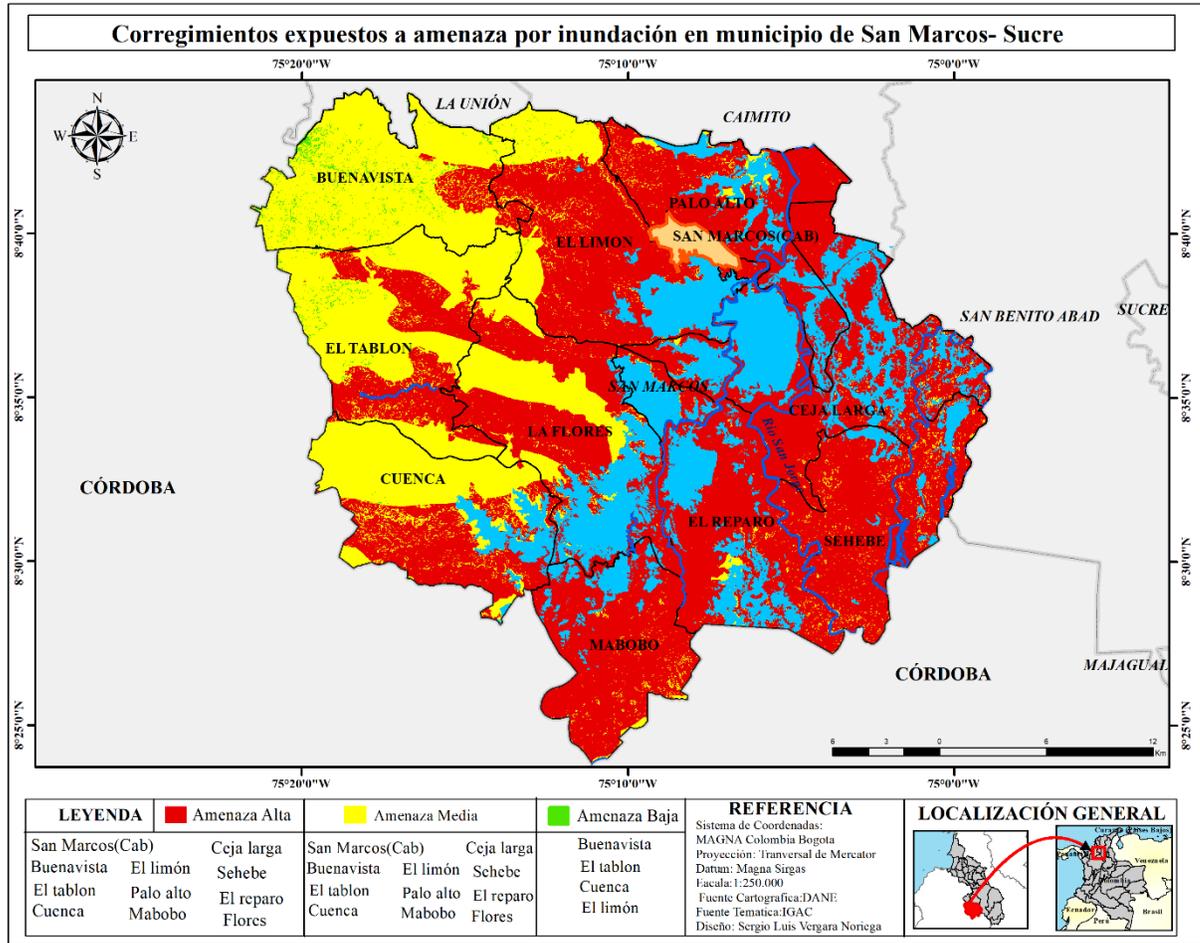


Figura 8: Corregimientos expuestos a amenaza por inundación en el municipio de San Marcos, Sucre.

Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, los 10 corregimientos expuestos a amenaza alta y media por hectáreas (Ver tabla 8) corresponde a San Marcos cabecera municipal, las Flores, el Limón, Ceja Larga, Palo Alto, Sehebe, Buenavista, el Tablón, Cuenca, y Mabobo, del mismo modo, los que están en amenaza baja, hacen parte Buenavista, El Tablón, Cuenca, y El Limón .(Ver Figura 8).

**Tabla 8:** Corregimientos expuestos a amenazas por hectáreas en el municipio de San Marcos

Corregimiento	Población	Amenaza Alta (Hectáreas)	Amenaza Media (Hectáreas)	Amenaza Baja (Hectáreas)	Total (Hectáreas)
San Marcos(Cab)	48.913	680,77	23,928	0	704,700
Buenavista	586	860,560	7838,453	417,494	9116,507
El Tablón	505	3652,555	6841,941	106,631	10601,127
Cuenca	903	3981,036	5383,345	2,815	9367,198
La Flores	1.689	7471,584	3380,148	0	10851,733
El Limón	580	8079,96	2582,245	34,603	10696,811
Palo Alto	803	691,927	649,435	0	7560,362
Ceja Larga	879	1198,549	784,292	0	12773,842
Sehebe	1.234	7545,220	475,436	0	8020,656
El Reparó	1.398	8720,672	990,990	0	9711,662
Mabobo	1.989	6942,149	268,500	0	7210,650

Fuente: Elaboración Propia.

En otras palabras, los elementos característicos del territorio pueden estar relacionados con las áreas susceptibles a la ocurrencia de las inundaciones. En primera instancia, se encuentran los usos de suelo empleados al sector agrícola, agroforestal y pecuario. El cual, la agricultura extensiva corresponde un 39%, seguidamente lo agroforestal 35%, la ganadería extensiva corresponde a un 13 % de las cuales comprenden el 87% del área total del municipio. Asimismo, representan las principales actividades e ingresos socioeconómicos en la población urbana y rural. (Ver Figura 9).

De igual modo, de una manera más detallada se tiene el análisis de la distribución espacial de los usos de suelo con respecto a los porcentajes de ocurrencia a inundaciones, se aprecia que los suelos de uso agrícola presentan una alta susceptibilidad a inundaciones con 29,4%, en segunda instancia el uso agroforestal 18.5%, en tercera instancia, la ganadería extensiva con 12,2%.

En contraste, con las áreas de protección y producción presentan una menor proporción en relación a la alta susceptibilidad 0,6%, seguido de la susceptibilidad media en la zona urbana 0.009%. (Ver tabla 9).

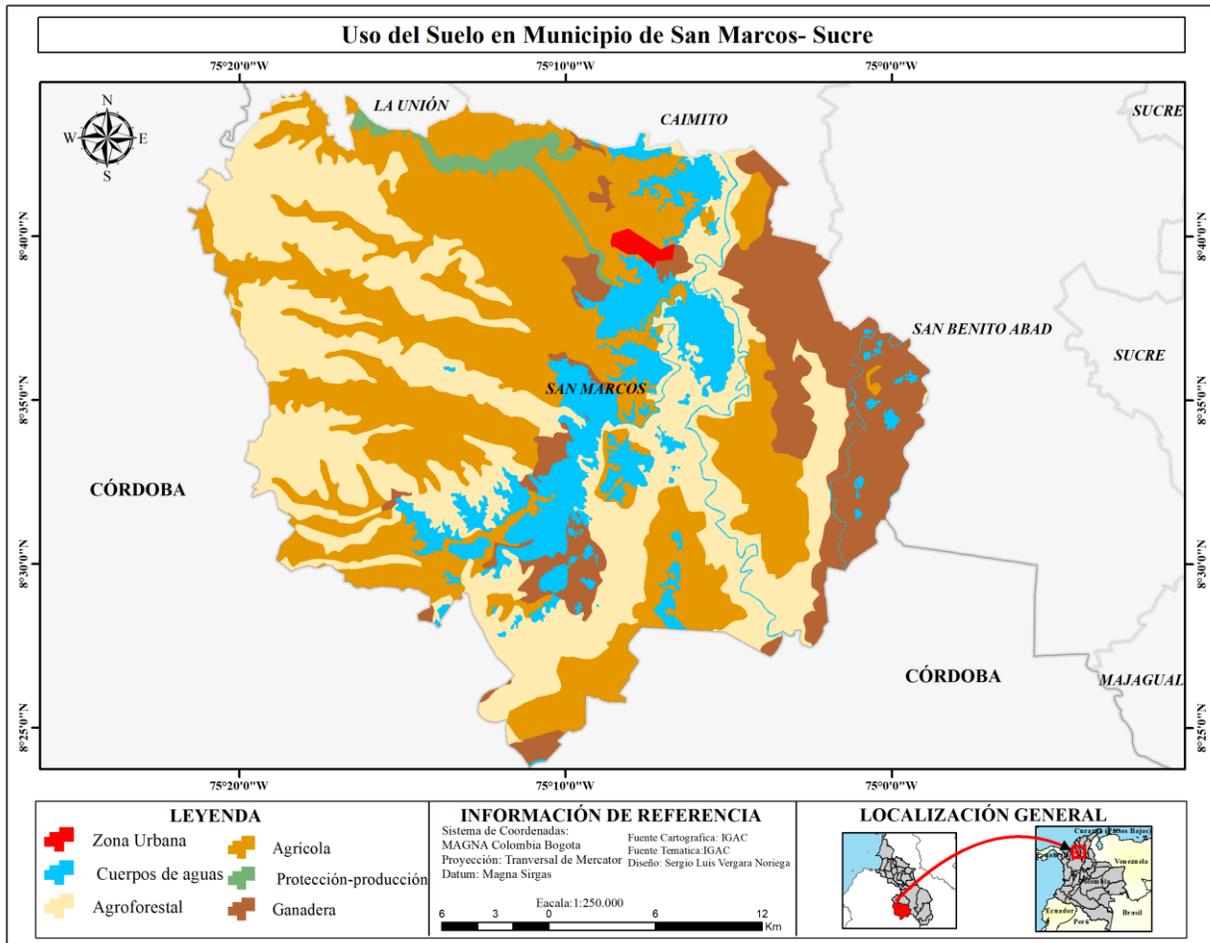


Figura 9: Usos del suelo en el municipio de San Marcos, Sucre.

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 9:** Áreas de actividad agrícola y pecuaria expuestas a amenazas

Uso de suelo	Amenaza alta (Hectáreas)	Porcentaje	Amenaza media (Hectáreas)	Porcentaje	Amenaza baja (Hectáreas)	Porcentaje
Ganadería extensiva	11820	12,2%	782	0,8%	0	0
Agrícola	28492	29,4%	9434	9,7%	91	0,09%
Protección-producción	577	0,6%	707	0,7%	22	0,2%
Agroforestal	17900	18,5%	15570	16,1%	448	0,4%
Cuerpos de Agua	7686	8%	2713	2,8%	0	0
Zona Urbana	356	0,3%	9	0,009%	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

## 5. DISCUSIONES

En cuanto a las inundaciones y su influencia en el entorno urbano se puede abordar desde distintas connotaciones; es así que el municipio cuenta con dos ejes estructurantes de tipo ambiental como lo son el río San Jorge y la ciénaga de San Marcos, siendo esta última la que atraviesa el municipio de este a oeste y su área de influencia y crecimiento alcanza a tomar gran parte del suelo urbano generando consigo la vulnerabilidad y riesgo a inundaciones. Es así que el establecimiento de asentamientos en torno al borde de la ciénaga produce vertimiento de aguas residuales y desechos sólidos de todo tipo, generan la contaminación de esta fuente hídrica, además la disecación de las ciénagas, desvío del cauce y aterramiento de estas impulsa ampliamente el fenómeno en mención. Cabe resaltar que el área de estudio es una zona en donde se presentan bajos niveles de precipitación, sin embargo la influencia del río San Jorge aporta al desbordamiento y posterior afectación de la zona urbana en algunos sectores; esta grave situación genera la necesidad de amplias obras estructurales y de ingeniería para la mitigación del riesgo, las cuales se han realizado sin obtener solución alguna ya que dichas acciones han sido

insuficientes para mitigar este fenómeno reflejando inconsistencias y deterioro (Angulo, 2014,p.41-46).

De lo anterior podemos indagar que, es común ver que en nuestro medio y en muchas otras regiones, los habitantes son vulnerables a sufrir cualquier problema que éste relacionado con fenómenos naturales y más si estas áreas se encuentran cercanas a cualquier fuente hídrica, en el caso del municipio de San Marcos no es la excepción ante la presencia de inundaciones puesto que por encontrarse próximos a la ciénaga es un área propensa a sufrir este tipo de fenómenos y así mismo a la ocurrencia de eventos naturales como lo son las inundaciones fluviales por encharcamientos.

De igual manera, el municipio crece de forma radial teniendo como vértice la ciénaga de San Marcos, lo que implica que las zonas de expansión urbana estén localizadas en el lado opuesto de la ciénaga, las zonas con mayor potencial es hacia el noroccidente del municipio y el resto de las zonas que se encuentran rodeando a San Marcos tienen la característica de ser playones inundables y de ciénaga. Por lo tanto, la mayoría de la topografía del municipio se encuentra caracterizada por la presencia de cuerpos de agua y a la ribera del río San Jorge. De igual manera es evidente que la población este asentada en zonas susceptibles de amenaza por inundación.

## 6. CONCLUSIONES

Las zonas de amenaza por inundación por medio de la evaluación multicriterio como instrumento pilar metodológico para el análisis espacial de la mano de los sistemas de información geográfica nos permitió analizar, explicar, comprender y dar soluciones a distintos problemas que se generan en el medio. Asimismo, permitieron decretar de forma concisa los escenarios de amenaza por inundación en el municipio de San Marcos, Sucre y los distintos factores que se relacionan a esta misma (geomorfología, pendiente del terreno, geología, características del suelo, uso del suelo y distancias a drenajes dobles y ciénagas), los cuales fueron los criterios para definir y sustentar cuales son las áreas de amenazas por inundación relacionadas a encharcamientos.

De los resultados obtenidos podemos concluir que el 69,1% del municipio de San Marcos, Sucre representa amenaza alta, el 30,2% amenaza media y seguidamente el 0,5% con amenaza baja. Lo cual, es evidente que la población está en constante vulnerabilidad y afecta tanto las actividades agrícolas, como ganaderas

También, los resultados alcanzados permitieron identificar zonas vulnerables a la ocurrencia de las inundaciones. En primer lugar se tienen como base a los 31 centros poblados y sus 10 corregimientos que comprenden al municipio lo que hacen parte a la amenaza alta (San Marcos (Cab), Buenavista, El Tablón, Cuenca, La Flores, El Limón, Palo Alto, Ceja Larga, Sehebe, El Reparo, Mabobo), seguidamente, los usos del suelo correspondientes a la agricultura, agroforestal y ganadería extensiva representan un 87% del área total del municipio y a su vez la mayor condición de susceptibilidad, por lo que se puede relacionar que la población rural por sus actividades económicas son afectadas al momento de cualquier ocurrencia de un evento.

De igual importancia las vías cumplen un papel fundamental y dinamismo socio económico para el municipio, ya que si son afectadas por las inundaciones la población rural son las más afectadas debido que no podrán sacar sus productos de campos como lo suele suceder en épocas de lluvias, de igual manera quedaran incomunicadas los corregimientos con el casco urbano.

Para concluir, se tienen en cuenta los resultados cartográficos como insumos valiosos a la hora de determinar y dar soluciones a un problema a futuro. En cualquier temática de estudio se pueden analizar y explicar del por qué son importantes los SIG, a la hora de buscar respuestas.

## 7. Bibliografía

- Alcaldía Municipal de San Marcos Sucre. (2016-2019). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial. San Marcos Sucre. Documento resumen 1.* 1–118. Disponible en: [https://sanmarcossucre.micolombiadigital.gov.co/sites/sanmarcossucre/content/files/000041/2017\\_plan-municipal-de-desarrollo-20162019.pdf](https://sanmarcossucre.micolombiadigital.gov.co/sites/sanmarcossucre/content/files/000041/2017_plan-municipal-de-desarrollo-20162019.pdf).
- Alcaldía Municipal de San Marcos Sucre. (2008). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial. San Marcos Sucre.* Disponible en: [http://www.planesmojana.com/documentos/normatividad/municipal/ORDENAMIENTO%20TERRITORIAL/SAN%20MARCOS/847\\_DOCUMENTO%20RESUMEN.pdf](http://www.planesmojana.com/documentos/normatividad/municipal/ORDENAMIENTO%20TERRITORIAL/SAN%20MARCOS/847_DOCUMENTO%20RESUMEN.pdf).
- Angulo, K. (2014). *Análisis del Ordenamiento Territorial del Municipio de San Marcos, Sucre a la Luz del Fenómeno de la Niña (2009 - 2012)*. Bogotá, Colombia.
- Blaikie, et al. (1996). *Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres.* Soluciones Prácticas. Disponible: [http://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/vesped-todo\\_sep-09-2002.pdf](http://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/vesped-todo_sep-09-2002.pdf).
- Espitia, J., & Paez, N. (2014). *Diseño de una Herramienta para la Atención y Prevención del Riesgo por Inundación en el Municipio de San Marcos en el Departamento de Sucre.* 1-13 Bogotá. Disponible en: <http://www.ustatunja.edu.co/cong/images/Articulos/DISENO%20DE%20UNA%20HERRAMIENTA%20PARA%20LA%20ATENCION%20Y%20PREVENCION%20DEL%20RIESGO%20POR%20INUNDACION%20EN%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20SAN%20MARCOS%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20DE%20SUCRE.pdf>.
- Instituto de Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales . (2012). *Sistema de información Ambiental de Colombia.* Obtenido de Sistema de información Ambiental de Colombia: Disponible en: [http://sig.anla.gov.co:8083/resources/DESCARGA\\_SIAC/IDEAM/Precipitacion\\_Anual\\_2012.pdf](http://sig.anla.gov.co:8083/resources/DESCARGA_SIAC/IDEAM/Precipitacion_Anual_2012.pdf).
- Mario, J., Rodríguez, V., Paola, A., & Calderón, A. (2017) *Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas*, Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 27, no. 2, p. 109-136. DOI: Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2309>.

- Listone, H., & Turoff, M. (2002). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Universidad del Sur de California. Obtenido de: <https://web.njit.edu/~turoff/pubs/delphibook/delphibook.pdf>.
- Ortiz Guerrero, C. E., Pérez Martínez, M. E. y Muñoz, L. A. (2004, 20 de agosto). *Informe final de proyecto: Los cambios institucionales y el conflicto ambiental en La Mojana colombiana: Un enfoque desde la historia económica y las políticas públicas*. Pág. 3-126. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en: <https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/9012/AnguloRedondo-Katherine-2014.pdf?sequence=8&isAllowed=y>.
- Olivera, J., Martin, G., Garcia, A., Jaimez, E., Martin, L., Estrada, R., & Campos, M. *El Uso de los SIG y la Evaluacion Multicriterio para la Determinacion de Escenarios de Peligro de Inundaciones en Cuencas Fluviales*. Estudio de Caso Cuenca Guanabo. Ciudad de la Habana (4 de Abril de 2011). Biblioteca Digital Cubana de Geociencias. Obtenido de Biblioteca Digital Cubana de Geociencias: <http://www.redciencia.cu/geobiblio/geobiblio.html>.
- Universidad Nacional & Departamento Nacional de Planeación, (2011). *Estudios, análisis y recomendaciones para el ordenamiento ambiental y el desarrollo territorial de La Mojana*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: [http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/Informe%20Unal/Anexo%203-3%20Salida%20de%20Campo\\_vFINAL\\_23abr2012.pdf](http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/Informe%20Unal/Anexo%203-3%20Salida%20de%20Campo_vFINAL_23abr2012.pdf).
- Vera, M., & López, J. (2010). *Evaluacion de amenazas por inundaciones en el centro de Mexico: el caso de Iztapalapa, Distrito federal (1998-2005)*. Investigaciones Geográficas, 73, 22-40. Obtenido de <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/59448/52669>.
- Villota, H. & Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (2005). *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. IGAC (Departamento Nacional de Estadística). Disponible en: <http://biblioteca.igac.gov.co/janium/Documentos/1-00778.pdf>.

