

**ANÁLISIS DEL RIESGO POR INUNDACIÓN UTILIZANDO HERRAMIENTAS  
SIG PARA LA CUENCA DEL RÍO QUITO**

**Cristian Moreno Palacios  
Oscar Alejandro Bermúdez Ordoñez  
Estudiante**



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA  
MANIZALES  
2016**

**ANÁLISIS DEL RIESGO POR INUNDACIÓN UTILIZANDO HERRAMIENTAS  
SIG PARA LA CUENCA DEL RÍO QUITO**

**Cristian Moreno Palacios  
Estudiante**

**Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar al título de  
Especialista en Información Geográfica**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
MANIZALES  
2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

DIOS, por haberme dado la fuerza y la voluntad de realizar esta especialización y mejorar mis conocimientos académicos.

FREDY CARABALÍ MOSQUERA, por el apoyo constante e incondicional, ya que, sin él no fuese sido posible este logro.

FAMILIA, COMPAÑERA PERMANENTE E HIJOS, por ser el soporte que impulso a tomar la determinación de avanzar en este nuevo fruto que me brinda la vida.

LA UNIVERSIDAD DE MANIZALES, por estar acreditada y ofertar la especialización.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XII</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>1. ÁREA PROBLEMÁTICA</b> .....	<b>15</b>
1.1 DESCRIPCIÓN .....	15
1.2 DELIMITACIÓN .....	16
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
2.2 OBJETIVO GENERAL .....	18
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>19</b>
<b>4. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
4.1 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	20
4.2 ALGUNAS DEFINICIONES ASOCIADAS AL RIESGO AMBIENTAL .....	21
4.2.1 Definiciones de términos con remoción en masas .....	21
4.2.2 Zonificación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa .....	22
4.3 LOS ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RESIGO EN COLOMBIA .....	23
4.3 LOS ESTUDIOS DE RIESGO EN EL DEPARTAMENTO .....	23
4.3.1 Estudios de amenazas por CODECHOCO. ....	23
4.3.2 Estudio de Riesgo para el municipio de Río Quito. ....	26
4.4 LOS ESTUDIOS DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN OTRAS REGIONES .....	29
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	<b>30</b>
5.1 TIPO DE TRABAJO .....	30
5.2 PROCEDIMIENTO .....	30
5.2.1 Fase 1. Revisión de metodologías y generación de cartografía .....	30
5.2.2 Fase 2. Transformación de las fuentes de información .....	35
5.2.3 Fase 3. Aplicación de herramientas espaciales .....	36
5.2.3.1 Descripción del geoprocesamiento .....	36

5.2.3.2 Descripción de la calculadora de campos .....	37
5.2.4 Fase 4. Generación de los mapas temáticos del análisis del riesgo.....	37
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
<b>6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES TEMÁTICAS.....</b>	<b>38</b>
6.1.1 Mapa de pendientes .....	38
6.1.2 Mapa de Geología .....	40
6.1.2.1 La formación Quibdó N2qB.....	40
6.1.2.2 Terrazas Aluviales (q2t), Consolidadas (q2tc) y Auríferas (q2tau).....	40
6.1.3 Mapa de Geomorfología .....	43
6.1.4 Mapa de Conflictos de Uso .....	45
6.1.5 Los factores detonantes: Precipitación y Eventos sísmicos .....	45
6.1.5.1 La precipitación de la zona .....	45
6.1.5.2 Los eventos sísmicos.....	47
6.1.6 La susceptibilidad en la cuenca de Río Quito.....	47
6.1.7 El Amenaza en la cuenca de Río Quito.....	49
<b>6.2 ANÁLISIS DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA CUENCA.....</b>	<b>51</b>
6.2.1 Los centros poblados.....	51
6.2.2 El riesgo por inundación en las formas de tenencia de la tierra.....	51
<b>6.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS.....</b>	<b>52</b>
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>7.1 CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>7.2 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>8 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>57</b>
<b>9 ANEXOS.....</b>	<b>59</b>
<b>9.1 GENERACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS CON SIG .....</b>	<b>59</b>
9.1.1 Generación de mapa de Pendientes.....	59

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Municipios presentes en la cuenca del Río Quito .....	16
Tabla 2. Valores de susceptibilidad para la cuenca. ....	31
Tabla 3. Valores de Amenaza para la Cuenca del Río Quito. ....	32
Tabla 4. Rangos de la Pendiente .....	33
Tabla 5. Rangos del Conflicto de Uso.....	33
Tabla 6. Ponderación Geológica y Geomorfológica .....	34
Tabla 7. Valores del Factor detonante de precipitación. ....	34
Tabla 8. Valores Variables Sísmicas. ....	35
Tabla 9. Cuantificación máxima y mínima de las variables.....	35
Tabla 10. Parámetros de la proyección MAGNA-SIRGAS.....	36
Tabla 11. Rangos de pendientes de la Cuenca Río Quito .....	38
Tabla 12. Rangos de pendientes de la Cuenca Río Quito .....	41
Tabla 13. Gemorfología de la Cuenca Río Quito .....	43
Tabla 14. Valores de conflictos de uso de suelo para la cuenca .....	45
Tabla 15. Valor detonante de precipitación.....	46
Tabla 16. Valore de amenaza Sísmica para la cuenca de Río Quito.....	47
Tabla 17. Valores riesgo de amenaza para la cuenca de Río Quito .....	49
Tabla 18. Consejos comunitarios de comunidades negras de la cuenca .....	51
Tabla 19. Consejos comunitarios con riesgo de inundación .....	52

## LISTA DE DIAGRAMA

	<b>Pág.</b>
Diagrama 1. Flujo de las variables.....	32
Diagrama 2. El papel integrado de los SIG.....	54

## LISTA DE MAPAS

	<b>Pág.</b>
Mapa 1. Localización de la cuenca de Río Quito .....	17
Mapa 2. Zonas de amenazas.....	25
Mapa 3. Zonas Inundables en Río Quito .....	28
Mapa 4. Mapa de pendientes de Río Quito .....	39
Mapa 5. Geología de la cuenca del Río Quito .....	42
Mapa 6. Geomorfología de la cuenca del Río Quito .....	44
Mapa 7. Susceptibilidad en la Cuenca del Río Quito .....	48
Mapa 8. Rangos de amenaza en la cuenca de Río Quito.....	50

## GLOSARIO

**Alerta:** Estado que se declara con anterioridad a la manifestación de un evento peligroso, con base en el monitoreo del comportamiento del respectivo fenómeno, con el fin de que las entidades y la población involucrada activen procedimientos de acción previamente establecidos.

**Amenaza:** Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

**Análisis y evaluación del riesgo:** Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación.

**Altitud:** Distancia medida verticalmente desde un punto a la superficie de nivel de referencia que constituye el origen de las altitudes de los mapas topográficos de un país. En el caso de España las altitudes vienen referidas al nivel medio del mar en Alicante.

**ArcGIS ARC/INFO:** Software de Sistemas de Información Geográfica desarrollado por el Environmental Research Institute Systems (ESRI).

**Base de Datos Geográficos:** Es una representación o modelo de la realidad territorial. Contiene datos sobre posición, atributos descriptivos, relaciones espaciales y tiempo de las entidades geográficas, las cuales son representadas mediante el uso de puntos, líneas, polígonos, volúmenes o también por medio de celdas.

**Cartografía:** Ciencia que tiene por objeto la realización de mapas, y comprende el conjunto de estudios y técnicas que intervienen en su establecimiento.

**Datum:** Punto Fundamental del terreno, determinado por observación astronómica, con el que se enlazan los extremos de la base del primer triángulo de una cadena de triangulación y que sirve de origen a todas las coordenadas geográficas de la red. En España se ha adoptado el Datum Europeo o Datum Potsdam.

**Datum Geodésico:** Conjunto de parámetros que determinan la forma y dimensiones del elipsoide de referencia.

**Elipsoide de Referencia:** Superficie formada por la revolución de una elipse alrededor de su eje menor y usado como dato de comparación en levantamientos geodésicos del globo terrestre. Es la figura matemática que más se aproxima al Geoide, siendo sencilla de definir matemáticamente.

**Gestión del riesgo:** Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

**GIS:** Geographic Information System o SIG, sistema de información geográfica. Un SIG captura, almacena, analiza, gestiona y representa datos vinculados a una locación.

**GPS:** Global Positioning System, sistema de posicionamiento con satélites, que desde sus orígenes en 1973 ha supuesto una revolución frente a las técnicas utilizadas en Geodesia Clásica. La precisión inicial prevista en un principio, de orden métrico, era la necesaria para la finalidad que tuvo en un principio de Navegación en Tiempo Real, pero pronto se puso de manifiesto la posibilidad de sus aplicaciones en Geodesia, al permitir conocer la posición del observador con precisiones similares a las de los métodos clásicos, mediante el post-procesado de datos, siendo en la actualidad un instrumento capaz de satisfacer demandas dentro de los campos de la Geodinámica y la Geofísica. La idea básica del sistema es la medida de distancias entre el receptor y al menos cuatro satélites de la constelación NAVSTAR, de manera que la primera operación es conocer la posición del satélite en una época determinada por medio de los parámetros orbitales radiodifundidos en el Mensaje de Navegación. De esta manera, y mediante el tratamiento de los observables GPS, que consisten en medidas de fase, tiempo y pseudodistancias, se puede

conocer la posición en post-proceso de la antena del receptor, que vendrán dadas en el sistema de referencia WGS 84, por lo que habrá que realizar una transformación de este sistema al sistema de referencia local que se precise.

**MAGNA-SIRGAS:** (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) En consecuencia, el IGAC promueve la adopción de MAGNA-SIRGAS como sistema de referencia oficial del país, en reemplazo del Datum BOGOTÁ, definido en 1941. MAGNA-SIRGAS garantiza la compatibilidad de las coordenadas colombianas con las técnicas espaciales de posicionamiento, por ejemplo los sistemas GNSS (Global Navigation Satellite Systems), y con conjuntos internacionales de datos georreferenciados. En la práctica, la consecuencia más relevante de la introducción de MAGNA-SIRGAS consiste en el cambio de las coordenadas geográficas de un mismo punto en aproximadamente 500 m en dirección suroeste, lo cual concierne a todos los productores y usuarios de la información geográfica en el país. sí, teniendo presente la extensa gama de individuos y organizaciones que están relacionados con la adopción del nuevo sistema de referencia, el IGAC, a través de este portal, describe los aspectos técnicos necesarios para la utilización práctica de MAGNA-SIRGAS y proporciona las herramientas básicas para que la información que aún se encuentra definida sobre el Datum BOGOTÁ se actualice mediante su vinculación al nuevo sistema..

**Modelo digital del terreno:** Es la representación cuantitativa en formato digital de la superficie terrestre, contiene información acerca de la posición (x,y) y la altitud Z de los elementos de la superficie. La denominación MDT es la genérica para todos los modelos digitales, incluyendo los DEM, en los cuales la coordenada Z se refiere siempre a la elevación sobre el terreno, y a los demás tipos de modelos en los que la Z puede ser cualquier variable (profundidad de suelo, número de habitantes.)

**Sistema de Información Geográfica:** Es el conjunto formado por Hardware, Software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación.

**Vulnerabilidad:** Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

## **RESUMEN**

Este trabajo ilustra la generación del mapa de riesgo por inundación para la cuenca del Río Quito, en la que está presente el municipio de Río Quito y los parciales de los municipios de El Cantón de San Pablo, Cértegui, Istmina, Unión Panamericana y Atrato, en el departamento del Chocó, Colombia. Se adecuó la guía metodológica de la evaluación de riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa desarrollada por el Instituto INGEOMINAS en asocio con la Corporación autónoma regional del Valle del Cauca CVC, (INGEOMINAS-CVC, 2001).

Se utilizó las herramientas espaciales los Sistemas de Información Geográfica (SIG), para obtener lo cruces de las variables de Pendientes, Geología, Geomorfología, Conflictos de Uso, Eventos de Precipitación, Sismos Históricos para la región; y con la esquematización de un diagrama de flujo, se obtuvo, con ayuda del software ArcGIS, el mapa de riesgo por inundación con susceptibilidad y amenaza clasificados como alta, media y baja para la geografía de la cuenca del Río Quito.

## **SUMMARY**

This paper illustrates the generation of map of flood risk for the Rio Quito, in the municipality of Río Quito and partial of the municipalities of the Canton of San Pablo, Cértegui, Istmina, Pan American Union and Atrato is present, in the department of Choco, Colombia. methodological archy of risk assessment Phenomena Mass Removal INGEOMINAS developed by the Institute in partnership with the Regional Autonomous Corporation of Valle del Cauca CVC (CVC INGEOMINAS-2001) was adapted.

Space tools used Geographic Information Systems (GIS), to get the crosses of variables earrings, Geology, Geomorphology, Conflicts of Use, precipitation events, historical earthquakes in the region; and the outlining of a flowchart, was obtained using the ArcGIS software, the flood risk map with susceptibility and hazard classified as high, medium and low for the geography of the Río Quito.

## **INTRODUCCIÓN**

El análisis del riesgo es un elemento que se trabaja dentro de los esquemas de ordenamiento de los municipios y de las cuencas hidrográficas, permitiendo el desarrollo de diagnósticos de los diferentes fenómenos que se presentan y que afectan a las comunidades presentes en los territorios y sectores vulnerables a riesgos y amenazas naturales.

La vulnerabilidad y la amenaza de los fenómenos como las inundaciones, los deslizamientos de tierras los vendavales entre otros, son las causas más frecuentes de desastres en las poblaciones ubicadas en la franja tropical, particularmente en Colombia y en especial el departamento del Chocó, en donde se presenta una alta vulnerabilidad a causa de las condiciones biogeográficas innatas en estas selvas húmedas tropicales.

El área de estudio, la cuenca del Río Quito, drena sus aguas a la segunda red hídrica más rica del país, el Río Atrato; un territorio de asentamiento ancestral de comunidades negras e indígenas y en menor cuantía de blanco-mestizos; rico en flora y fauna y metales preciosos como el Oro y el Platino. La cuenca presenta una movilidad en un 90 % fluvial entre los 6 municipios que la integran

Además de que algunos municipios que integran la cuenca presentan un anotaciones en la variables de riesgo en los Esquemas de Ordenamiento Territorial, se presenta en este estudio, un análisis de la implementación metodológica de evaluación de fenómenos de inundación y de riesgos sísmico, amenazas y su vulnerabilidad aplicando algunas herramientas básicas de los Sistemas de Información Geográfica SIG que permitirá dar luces metodológicas a los análisis de riesgos que se pueden aplicar en las alcaldías municipales y/o entes territoriales.

## **1. ÁREA PROBLEMÁTICA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN**

Las comunidades presentes en la región pacífico colombiana tienen la característica, que sus centros poblados se encuentran localizados a las orillas de los ríos y quebradas; esto ocurre debido a que estas fuentes hídricas les proporcionan y aseguran los requerimientos alimenticios, los servicios eco sistémicos, las costumbres ancestrales y las condiciones ambientales que se presenta en esta región del país.

Desde el punto de vista físico, los suelos presentes en esta zona de país, son susceptibles a erosionarse por la alta pluviosidad, y la gran red hídrica unida a las diferentes actividades antrópicas que tienen lugar en las cuencas de pacífico colombiano. La cuenca del Río Quito localizada en la parte central del departamento del Chocó desembocando en la cabecera departamental, la ciudad de Quibdó, presenta además gran actividad minera, corriente hídrica con alto contenido de sólidos en suspensión, explotación forestal indiscriminada, lo que generan un alto nivel de erosión y riesgos en la cuenca.

Una de las variables de riesgo que presenta la cuenca de Río Quito, es la inundación, debido a los factores ambientales presentes en el Departamento del Chocó.; Según El Esquema de Ordenamiento Ambiental del Municipio de Río Quito (EOT 2005) y su actualización (RAEOT 2014), en donde están localizados los centros poblados, se presentan alta susceptibilidad a la inundación.

A partir de 1980, se precipitó un proceso de transformación social en las comunidades asentadas en la cuenca del Río Quito y en el resto de la región, motivado por el elevado precio de los metales en el mercado internacional, que ameritó la apertura de diversas minas. Con ello se alteró la estructura de sostenimiento familiar, pues la minería pasó a ocupar un lugar central como actividad productiva de las comunidades negras.

Desde finales de la década de los 90 el departamento del Chocó fue epicentro de la llegada de personas foráneas atraídas por el potencial minero de la región, quienes iniciaron un proceso de extracción sistemática de los recursos por medio del uso de maquinaria pesada. La cuenca del Río Quito, fue uno de los lugares en los que ese proceso de explotación tuvo mayor auge, con desastrosas consecuencias.

La extracción aurífera a lo largo del cauce del río Quito se ha desarrollado por medio de dragas de succión de gran tamaño, que arribaron a la zona de manera

progresiva desde 1999 hasta el día de hoy. En el periodo comprendido entre 2004 y 2009, la explotación por medio de dragas tuvo su período más intenso, a tal punto que miembros de la comunidad han señalado que aproximadamente 27 dragas explotaron las aguas del río al mismo tiempo. No obstante, no se trata de una situación del pasado, pues las personas de las comunidades aún soportan los efectos de dicha explotación.

## 1.2 DELIMITACIÓN

La cuenca hidrográfica del río Quito se encuentra localizada principalmente en la región suroccidental del departamento del Chocó. Esta cuenca posee una superficie de 166.889,04 hectáreas; La división político administrativa de la cuenca está constituida por igual forma en este accidente orográfico delimitado naturalmente está afectado por los límites políticos de los municipios de Atrato, Istmina, Cértegui, Unión Panamericana, Río Quito y Cantón del San Pablo.

La mayor parte del territorio está bajo la jurisdicción del municipio de Río Quito el cual representa una superficie de 68.098,56 hectáreas que porcentualmente representa el 40,80% del área total de la cuenca. Los demás datos se ilustran en la tabla 1. Ver mapa 1.

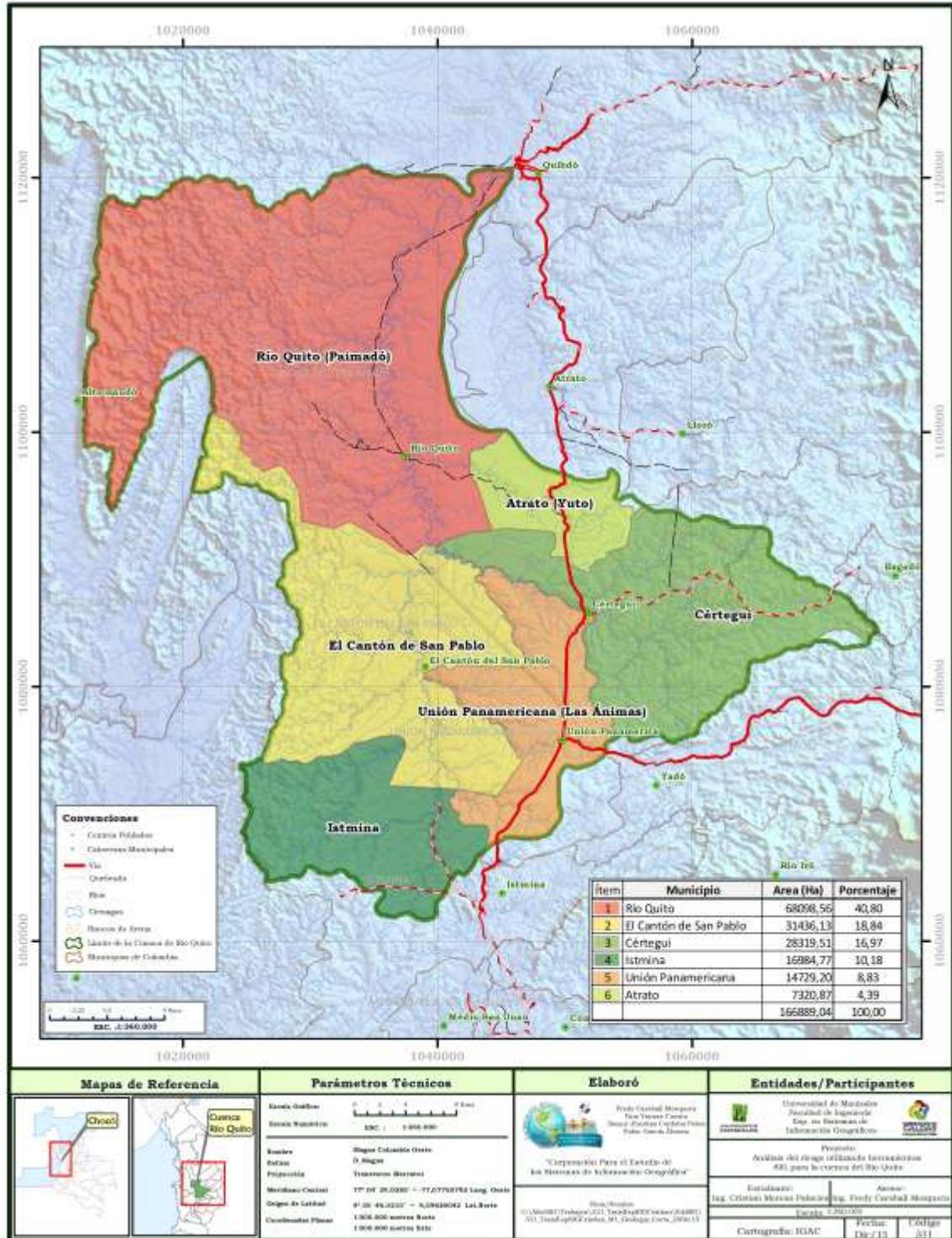
**Tabla 1. Municipios presentes en la cuenca del Río Quito**

<b>Municipio</b>	<b>Área (Ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Río Quito	68.098,56	40,80
El Cantón de San Pablo	31.436,13	18,84
Cértegui	28.319,51	16,97
Istmina	16.984,77	10,18
Unión Panamericana	14.729,20	8,83
Atrato	7.320,87	4,39
<b>Total</b>	<b>166.889,04</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Cartografía IGAC, diagramado Corporación AfroSIG

La cuenca del río Quito toma este nombre después que sus aguas se unen con la cuenca del río Cértegui en inmediaciones y límites de los municipios de Río Quito y el Cantón de San Pablo.

Mapa 1. Localización de la cuenca de Río Quito



Fuente: Cartografía IGAC, Diagramado Corporación AfroSIG

## **2. OBJETIVOS**

### **2.2 OBJETIVO GENERAL**

Analizar los riesgos por inundación utilizando herramientas SIG para la cuenca del Río Quito.

### **2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Buscar y estudiar metodologías generadas en el departamento del Chocó para el análisis de los riesgos por inundación.
- Generar la cartografía base y temática de la zona de estudio que permita estimar los riesgos por inundación en el Cuenca de Río Quito.
- Describir y aplicar los procedimientos espaciales utilizados para el análisis de los riesgos por inundación en el Cuenca de Río Quito.
- Generar y describir los mapas de riesgos por inundación para la cuenca del río Quito en el departamento del Chocó

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La cuenca del Río Quito, ha mediado de los años 80's, ha venido padeciendo los fenómenos climáticos característicos del Choco biogeográfico, como también el fuerte auge de la minería mecanizada, trayendo como consecuencia un desmejoramiento de la calidad de vida de los pobladores que día a día trabajan y viven en estas tierras.

Un análisis de los riesgos por inundaciones con el potencial de las herramientas de Sistemas de Información Geográfica, ayudará a describir de manera específica y objetiva la influencia de las variables relacionadas con el riesgo de inundación en la cuenca; el conocimiento de las variables como la pendiente (inclinación del suelo) asociada con las características físicas, geológicas y geomorfológicas, en relación con las variables “detonantes” como la precipitación y los eventos sísmicos estructuran y propician los factores claves para la amenaza y susceptibilidad. El estudio y conocimiento de los riesgos por inundación en esta cuenca permitirá a los tomadores de decisiones tomar acciones en pro de salvaguardar las vidas de los habitantes de estas marginales regiones.

Finalmente otra variable que aporta al análisis de riesgos por inundaciones con las herramientas de sistemas de Información geográfico, es la precisión y ubicación de las áreas críticas del riego, permitiendo la oportunidad de realizar una adecuada intervención en las áreas afectadas.

## 4. MARCO TEÓRICO

Este marco ilustra algunas definiciones cortas de los Sistemas de Información geográfica SIG de varios autores, la definición y aplicación de estos a los modelación aplicada las variables de los riesgos ambientales utilizando el geo procesamiento y el análisis espacial de datos.

### 4.1 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

EL término de SIG está actualmente, difundido en las ciencias tanto geográfico como en aquellas que están vinculadas con la planificación territorial y la resolución de problemas socioeconómicos y ambientales; el trabajo con herramientas SIG requiere de capacidades técnicas y analíticas y su carácter multipropósito. Dada la gran cantidad de definiciones se citan algunos autores que han definido esta temática y desde diferentes puntos de vista:

- **Goodchild (1985):** “Un sistema que utiliza una base de datos espacial para generar respuestas ante preguntas de naturaleza geográfica”.
- **Arnoff (1989):** “Un conjunto de procedimientos manuales o computarizados usado para almacenar y tratar datos referenciados geográficamente”.
- **Burrough (1986):** “Un potente conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar a voluntad, transformar y presentar datos espaciales procedentes del mundo real”.
- **Ncgia (1990):** “Sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión”.
- **Star y Estes (1990):** “Sistema de Información diseñado para trabajar con datos georreferenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas”.
- Y otros autores como: **Muller (1985); Peuquet, D.J., (1990)**
- **Cebrián (1992):** “Una base de datos computarizada que contiene información espacial”.

El SIG es una herramienta de hardware, software, procedimientos datos y personal humano que permite interpretar variables que tienen datos referenciados que permite dar respuesta a problemas específicos, en este caso la obtención de las variables asociadas al riesgo ambiental de las variables geográficas de la cuenca del río Quito.

## 4.2 ALGUNAS DEFINICIONES ASOCIADAS AL RIESGO AMBIENTAL

### 4.2.1 Definiciones de términos con remoción en masas

- **Amenaza (Ame)**

Evento amenazante o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente perjudicial en un área dada en un periodo específico (Undro, 1979, citado por Ojeda et al, 2001)

- **Vulnerabilidad (Vul)**

Grado de pérdida (de 0 a 100%) como resultado de un fenómeno potencialmente dañino (Undro, 1979). En versiones más recientes se expresa como grado de pérdida de un elemento o conjunto de elementos bajo riesgo como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada y expresada en una escala de 0 (ningún daño) a 1 (pérdida total), o como el porcentaje de pérdida esperado (Undro, 1991).

- **Riesgo Específico (REsp)**

Cálculo matemático de pérdidas (vidas, heridos, propiedad variada y actividad económica interrumpida) durante un periodo de referencia en una región dada para una amenaza particular. Riesgo es el producto de la amenaza por la vulnerabilidad ( $R = H \times V$ ) (Undro, 1979).

- **Elementos del Riesgo (ER)**

Los edificios, instalaciones, obras de infraestructura, actividades económicas, servicios públicos y otros, expuestos a una amenaza (Undro, 1979).

- ✓ **Riesgo (Ri)**

Numero de pérdidas de vidas humanas esperado, personas heridas, daño a propiedades e interrupción de actividades económicas a causa de fenómenos naturales particulares y, por consiguiente, el producto del riesgo específico por el valor de los elementos en riesgo (Undro, 1979).

Condición que se deriva de la acción de una o varias amenazas (física: amenaza geológica - remoción en masa; social: marginalización política) en un contexto dado y que además involucra la toma de una decisión. En una condición de riesgo las consecuencias de la acción de una amenaza están mediadas por la toma de una decisión (Luhmann, 1993) o lo que es igual, por el ejercicio de un potencial político (Muñoz, 1997). El riesgo es una condición social que se construye "comunicativamente", por cuanto los afectados toman y transmiten sus decisiones con base en mensajes verbales o no verbales (como la ocupación de zonas de alto riesgo) (Muñoz, 1999).

#### **4.2.2 Zonificación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa**

Los Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) comprenden una gran variedad y complejidad de movimientos de material geológico debidos a la fuerza de la gravedad, que hacen del tema un asunto difícil y a veces vago de tratar como conjunto. Más aún, en ocasiones se alude a estos como procesos erosivos, no obstante la diferencia fundamental de que en el caso de la erosión existe un agente (agua, viento, hielo, hombre) capaz de arrancar y transportar el material. Igualmente se utiliza en forma general el término "deslizamiento", que en el sentido estricto de su significado solo correspondería a algunos tipos de FRM, y quizá poco adecuado para referirse a movimientos en masa tan diferentes en su mecanismo como una caída de rocas, un flujo de lodos o una subsidencia del terreno. En este trabajo se entenderá por fenómeno de remoción en masa o movimiento en masa, todo movimiento ladera abajo de material geológico debido a la fuerza de la gravedad, incluyendo entre ellos los flujos a lo largo de los cauces cuando el material que cae se mezcla con la corriente de agua, como es el caso de las llamadas avenidas torrenciales.

- **Zonificación de la Amenaza**

Se define como las de áreas con igual probabilidad de ocurrencia de un fenómeno en un periodo específico. La zonificación de amenaza consiste en dos diferentes aspectos: La evaluación de la susceptibilidad del terreno a un proceso de amenaza se expresa como la probabilidad de que tal fenómeno ocurra bajo determinadas condiciones y parámetros y la determinación de la probabilidad de que un evento detonante ocurra.

- **La remoción en Masa**

La remoción de masa, también conocido como movimiento de inclinación, desplazamiento de masa o movimiento de masa, es el proceso geomorfológico por el cual el suelo, regolito y la roca se mueven cuesta abajo por la fuerza de la gravedad.

### **4.3 LOS ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RESIGO EN COLOMBIA**

A nivel nacional se desarrolló el informe sobre El Análisis de la gestión del riesgo de desastres como resultados un trabajo interinstitucional e intersectorial que ha sido coordinado por el gobierno actual de Colombia, a través del DNP y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), ente adscrito al Departamento Administrativo de la Presidencia de la República (antes Dirección de Gestión de Riesgos de Desastres del Ministerio del Interior y de Justicia), en asocio con el GFDRR y el Banco Mundial. El Equipo Técnico que elaboró este informe se conformó por un grupo de expertos nacionales y regionales en el campo de la gestión del riesgo. Además, el proyecto ha recibido el apoyo y la colaboración de los Ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural; Transporte; Minas y Energía; Educación; Ambiente y Desarrollo Sostenible; Vivienda, Ciudad y Territorio; Hacienda; y Protección Social. De igual manera han participado la Federación Colombiana de Municipios, la Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales (ASOCARS), la Sociedad Colombiana de Agricultores (SAC), la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), la Cámara Colombiana de la Infraestructura e In vías, así como entidades nacionales, en particular, el Departamento Nacional de Estadísticas (DANE), el Servicio Geológico Colombiano (antes INGEOMINAS), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

### **4.3 LOS ESTUDIOS DE RIESGO EN EL DEPARTAMENTO**

#### **4.3.1 Estudios de amenazas por CODECHOCO.**

La corporación para el desarrollo sostenible del Chocó CODECHOCÓ, (CODECHOCÓ, 2012), desarrollo, con base en la metodología desarrollada por el IDEAM Análisis de evaluación en Masa y fenómenos e inundación, aplicada inicialmente por la CVC la CVC y la Escuela d Colombiana de Ingeniería para la evaluación de los fenómenos por remoción de masas. Dicha guía que fue diseñada con un ejemplo del Departamento del Valle del Cauca, la corporación la adoptó, analizó y aplicó a las condiciones de varios municipios presentes en el departamento del Chocó. Codechocó, contó con la Colaboración del (Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), el IGAC, para la utilización de la cartografía para el desarrollo de las actividades establecidas. La información se generó y analizó con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica a SIG y los análisis espaciales que permitirán el cruce y cuantificación espaciales de las variables que hicieron parte del estudio.

El estudio se propuso generar información base y temática de la zona de estudio que permita estimar zonas inundables, analizar los mapas de zonas Inundables a escala nacional 1:100.000 y Modelado a escala regional 1:25.000, generar

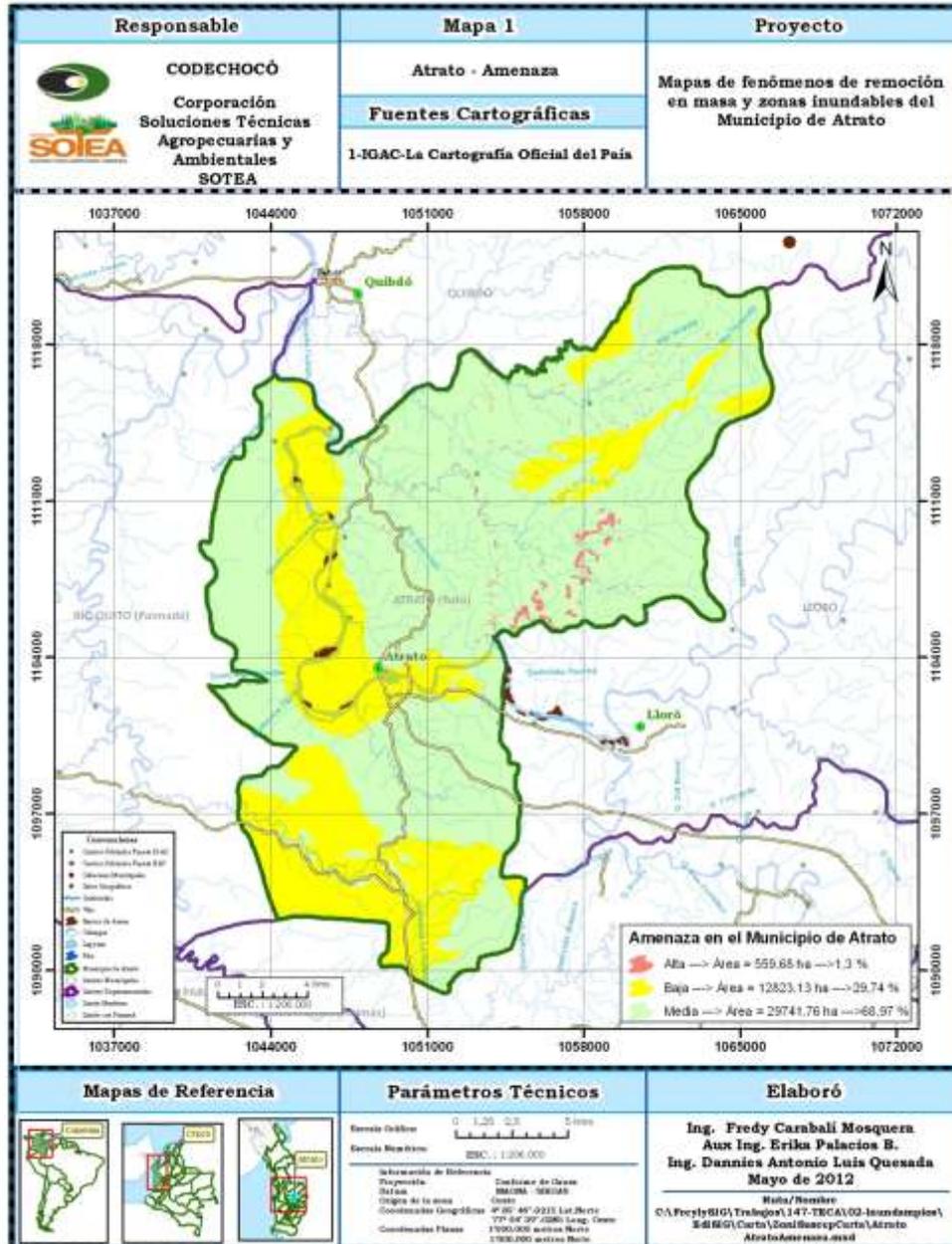
información Base y temática que sirvan de fuentes para fenómenos de remoción por masas y Generar mapa de Fenómenos por remoción en masa para 8 municipios en el departamento del Chocó.

El estudio permitió:

- Realizó los mapas de susceptibilidad y los mapas de amenaza para los municipios de Atrato, Bajo Baudó, Carmen de Darién, El litoral del San Juan, Lloró, Medio Baudó Quibdó y Riosucio mediante la aplicación de la Guía “evaluación de Riesgos por fenómenos de remoción en masa” adoptada para el departamento del Chocó.
- Determinar mediante el modelo de elevación digital del Terreno utilizado generado por la NASA de resolución 30m las curvas de inundación dado que la dinámica de los regímenes de lluvias y la dinámica hidrológica presentes en las cuencas del departamento.
- Afinar la información base suministrada por el IGAC a escala 1:100.000 de las inundaciones a nivel nacional, a escala de mejor detalle y corroborada con información en campo.

El mapa 2 muestra las zonas de amenaza por deslizamiento para el Municipio del Atrato en la que se aprecia que las zonas susceptibles altas se presentan en el Oriente del Municipio, las zonas bajas se presentan en el área aferente a los ríos y la gran parte del municipio se encuentra en zona categorizada como media.

Mapa 2. Zonas de amenazas



Fuente: IGAC, 2010. Equipo Consultor 2013

#### 4.3.2 Estudio de Riesgo para el municipio de Río Quito.

La revisión y ajuste del esquema de ordenamiento territorial del año 2014 (RAEOT, 2014), aplicó la metodología del riesgo por amenazas sísmica, se muestra que 3 de las 4 categorías de la vulnerabilidad a la Amenaza, La categoría alta, media y baja categorizada en los rangos 6-10, 11-14 y 15-18 respectivamente. No se presentó el rango de categoría de 19-22 que corresponde a Amenaza muy alta.

El 46,5% categorizado como amenaza Baja se encuentra localizado en la vega de Río Quito en la que se encuentran las cabeceras de los corregimientos de La Soledad, San Isidro, La Loma, Villa Conto y Paimadó, como también centro poblados como Guayaba, Barranca, Coca de Paimadó u otros que se encuentran localizados en esta granja territorial.

- **Principales amenazas y riesgos en el municipio del Río Quito**
  - ✓ **Riegos y Amenazas Zona Rural**

En el municipio de Río Quito existen numerosos tipos de amenazas y riesgos, asociadas a su ubicación geográfica Occidental con respecto al departamento del Chocó y condiciones ambientales, las principales amenazas y riesgos entre ellos se tienen: Inundación, erosión, vientos fuertes, temblores, zonas no navegables, contaminación VRQ y riesgo por aspersión.

EL Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), generó para la Inundación del año Histórico del 2010 los mapas a nivel nacional de las inundaciones generadas en toda Colombia. El Estudio del IGAC (IGAC, 2010), fue suministrado por la CODECHOCÓ al Equipo de trabajo, tanto el documento como los archivos fuentes (Shapefiles) y se determinó que en Municipio de Río Quito, se dio un área total inundada de 5631,79ha clasificada como zona Periódicamente Inundable, Susceptible a inundación y Cuerpos de Aguas.

En las consultas realizadas en las salidas de campo y por entrevistas a los funcionarios de la alcaldía y gente de la comunidad, como lo evidencia las foto 8, se simuló con un modelo de elevación Digital (DTM de Resolución 30m, se estimó un área de inundación a cota 50m de 18807,67ha Ver tabla 49; y adicionalmente se tomó un área aferente de las principales quebradas y río que se inundan para así concordar con la realidad ilustrada en las evidencias recolectadas. EL Equipo de trabajo recomienda aplicar modelos de inundación se sirvan de fuente para un sistema de alertas tempranas para el municipio.

Foto 1. Inundaciones presentes en los corregimientos de Río Quito

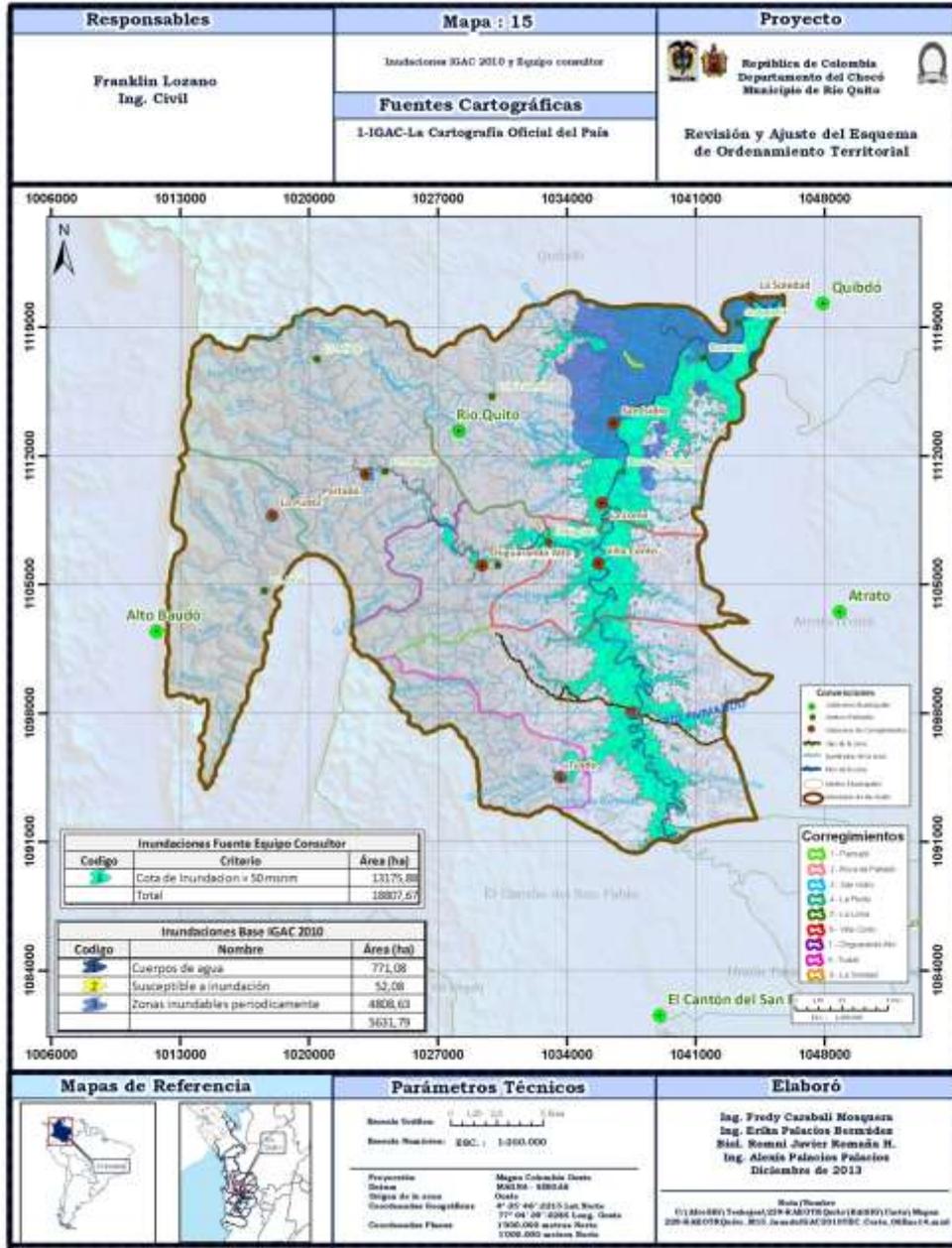


Fuente:<http://rioquito-choco.gov.co/apc-aa/view.php3?vid=1090&cmd%5B1090%5D=x-1090-1599267>

Fuente:<http://www.caracol.com.co/noticias/regionales/choco-continua-inundado/20130319/nota/1861700.aspx>

Según el mapa 3, se puede apreciar que en la que la inundación según la base de IAC del 210 presenta inundación en la zona Nor Oriente del Municipio a los alrededores de la desembocadura del Río Quito al Río Atrato. Con los análisis expuestos, la inundación estimada por el equipo consultor ilustra que los corregimientos que se encuentran en la vega del Río Quito tiene tendencia a inundarse, y así lo confirmación las comunidades en los talleres realizados en Paimadó por el quipo Consultor. Es así como las cabeceras de los corregimientos de La soledad, San Isidro, La Loma, Villa Conto y Paimadó tiene tendencia a inundaciones dada las características ancestrales que las comunidades del Pacífico. También se presenta, según el mapa inundación en el corregimiento de Chiguarandó alto y bajo, en las comunidades de Chivigidó y Barranca.

Mapa 3. Zonas Inundables en Río Quito



Fuente: IGAC, 2010. Equipo Consultor 2013

#### **4.4 LOS ESTUDIOS DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN OTRAS REGIONES**

Según Robayo (2014), generó un mapa de amenaza por inundación para la localidad de Tunjuelito, en respuesta a la problemática de la localidad que consiste en la ubicación de asentamientos humanos en las zonas aledañas al río Tunjuelo, situación que pone en riesgo la vida de muchas personas y el desarrollo económico de toda la localidad; trabajó bajo el Sistema de Información Geográfica de libre distribución QGIS. El mapa que se obtuvo es el resultado a la investigación, recolección y depuración de la información de las variables más influyentes en la amenaza por inundación, análisis de las condiciones hidráulicas del cauce y la digitalización del alcance de las aguas en los diferentes periodos de retorno evaluados.

Según Masgrau, 2004, Mostró que los mapas de riesgo de inundaciones en relación con los impactos potenciales pueden llegar a producir en personas, bienes y actividades. Por ello, es preciso añadir el concepto de vulnerabilidad al mero estudio del fenómeno físico. Así pues, los mapas de riesgo de daños por inundación son los verdaderos mapas de riesgo, ya que se elaboran, por una parte, a partir de cartografía que localiza y caracteriza el fenómeno físico de las inundaciones, y, por la otra, a partir de cartografía que localiza y caracteriza los elementos expuestos. El uso de las llamadas «nuevas tecnologías», como los SIG, la percepción remota, los sensores hidrológicos o Internet, representa un potencial de gran valor para el desarrollo de los mapas de riesgo de inundaciones, que es, hoy por hoy, un campo abierto a la investigación.

Pisineri, en el 2004, Estructuró un SIG, con temas cuyas tablas de atributos que tenía información sobre el estado físico del área y características socio-económicas de la población, información referente a equipamientos e infraestructuras disponibles para gestionar emergencias hídricas (hospitales, escuelas, clubes, iglesias, sedes policiales y militares, bomberos, lugares destinados a centros de evacuación, depósitos, etc.), así como también accesos y redes de abastecimiento a la ciudad, vías y direcciones de evacuación e identificación de áreas urbanas con riesgo de inundación.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 TIPO DE TRABAJO

El proyecto de análisis de los riesgos por inundaciones utilizando herramientas SIG para la cuenca del Río Quito, en la que se realizó la búsqueda y estudio de las metodologías, la descripción de mapas temáticos y aplicación de los procedimientos espaciales, hace referencia a las metodologías de estudio del tipo aplicativo, ya que permiten desarrollar las ya existentes para la zona de estudio.

### 5.2 PROCEDIMIENTO

#### 5.2.1 Fase 1. Revisión de metodologías y generación de cartografía

- **Revisión de metodologías**

- ✓ **La guía metodológica del INGEOMINAS-CVC, 2001**

La evaluación de riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa. Guía Metodológica del Instituto INGEOMINAS en asocio con la Corporación autónoma regional del Valle del Cauca CVC, generada por los autores Castro M. E., Valencia N. A., Ojeda J. M., Muñoz F. C., Fonseca G. S. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería en el año 2001. (**INGEOMINAS-CVC, 2001**). Se aplicó, la guía para las condiciones biofísicas y socioculturales de la región pacífica colombiana, en este caso, la cuenca del Río Quito y para ello se tuvo en cuenta las siguientes variables:

- Pendientes
- Geología
- Geomorfología
- Conflictos de Uso
- Eventos de Precipitación
- Sismos Históricos para la región

Para la estimación de la **susceptibilidad** se utilizó, como variable independiente el mapa de pendientes de la cuenca Río Quito en vez de los procesos morfo dinámicos, dada la escasez de información para la generación de mapa, y las variables dependientes fueron: Geología, Geomorfología y conflictos de uso; todo esto mapas se procesaron con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica. Para la cuantificación de la Susceptibilidad, se utilizó la siguiente expresión matemática:

$$MSt = (Mp \cup Mcu \cup MGI \cup MGm)$$

Dónde:

Mst	=	Mapa de Susceptibilidad
Mp	=	Mapa de Pendientes
Mcu	=	Mapa de Conflicto de Uso
MGI	=	Mapa Geológico
MGm	=	Mapa Geomorfológico

La cuantificación del valor de **susceptibilidad** se determina con la suma de la ponderación de los valores a los mapas antes mencionados. Las zonas con mayores valores de sumatoria ponderada corresponden a las de mayor riesgo a la susceptibilidad y los valores están dados según la tabla 2.

**Tabla 2. Valores de susceptibilidad para la cuenca.**

Ítem	Rango	Descripción Susceptibilidad	Color
1	1 – 3	Baja	Amarillo
4	4 - 6	Media	Verde
5	7 – 9	Alta	Rosado
6	10 – 12	Muy alta	Rojo

Fuente: CODECHOCO, 2012

Para le estimación de la **amenaza** se estimó con base el análisis de susceptibilidad adicionando los factores detonantes, en este caso los mapas de precipitaciones anuales multianuales y el mapa de Eventos sísmicos; la amenaza se generó mediante la siguiente expresión y los valores de la tabla 3:

$$MAz = (Mst \cup Mpcp \cup Msis)$$

Dónde:

MAz	=	Mapa de Amenaza
Mst	=	Mapa de Susceptibilidad
Mp	=	Mapa de Precipitación
Mcu	=	Mapa de amenaza

Fuente: CODECHOCO, 2012

Tabla 3. Valores de Amenaza para la Cuenca del Rio Quito.

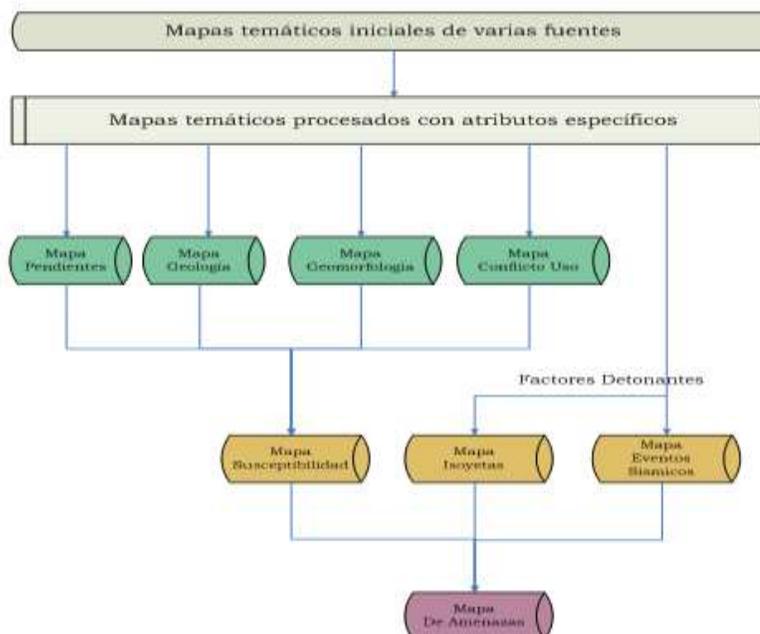
Ítem	Rango	Descripción Amenaza	Color
1	6 –10	Baja	Amarillo
4	11 – 14	Media	Verde
5	15 – 18	Alta	Rosado
6	19 – 22	Muy alta	Rojo

Fuente: CODECHOCO, 2012

- **Diagrama de Flujo**

El presente diagrama, muestra el flujo de la Información tenida en cuenta por el equipo de trabajo para estimar la Susceptibilidad y las amenazas para la cuenca del Río Quito.

Diagrama 1. Flujo de las variables.



Fuente: CODECHOCO, 2012

- **Cuantificación de los mapas temáticos**

Para la Generación del mapa de **pendientes** para la cuenca Rio Quito se realizó con la ayuda de las curvas de nivel cada 10m de un modelo de Elevación Digital de Resolución 30m. El Municipio tuvo curvas de nivel que oscilaron entre 25m la mínima y 975m la máxima.

Mediante un procedimiento de análisis espacial de datos, a las curvas del municipio se le configuraron los atributos de cada una de las curvas, aplicándoles el criterio de 3D, y realizando una interpolación para generar una superficie mediante la triangulación se obtuvo el mapa de pendiente con el formato de grados y los rangos de pendientes oscilaron entre < de 5 ya > de 45. En la tabla 4 se observan los rangos ponderados y los correspondientes valores. Para la suma de la susceptibilidad, todos los polígonos que se clasificaron con valor de 1, tienen pendientes menores de > 5 grados y así los restantes expresados en la tabla 4. El anexo 1 y se aprecian los cálculos.

**Tabla 4. Rangos de la Pendiente**

<b>Ítem</b>	<b>Valor del Rango</b>	<b>Valor Mp</b>
1	< 5	1
2	6 - 15	2
3	16 - 30	3
4	31 - 45	4
5	> 45	5

Fuente: CODECHOCO, 2012

Para la generación del mapa de uso se utilizó la fuente de la información del mapa de Zonificación Ecológica del Pacífico Colombiano, se realizó el cruce espacial de las variables de coberturas vegetales y el uso; dado como resultado grado de conflictos estimado con base al siguiente criterio de la tabla 5, en la que se clasifica de 1 a 3, siendo 1 sin conflicto a grado mínimo, 2 grado moderado y 3 en donde hay mayor conflicto.

**Tabla 5. Rangos del Conflicto de Uso**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Mcu</b>
1	Sin conflicto o mínimo	1
2	Moderado	2
3	Con Conflicto de Uso	3

Fuente: CODECHOCO, 2012

Parar la generación de los mapas geológicos y geomorfológicos se utilizó la fuente del Proyecto del Andén Pacífico suministrada por el IGAC en conjunto con INGEOMINAS, que obtuvieron la información Geológica y Geomorfológica con base en la Interpretación de imágenes de radar aerotransportado, apoyado con trabajo de campo y planchas, fotointerpretación y la compilación de información

geológica básica existente, producida por entidades oficiales y privadas. El Equipo de trabajo identificó e interpretó la información Geológica y Geomofológica y clasificó para incorporar al análisis de Susceptibilidad como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6. Ponderación Geológica y Geomorfológica**

Ítem	Descripción	Valor MGI/MGm
1	Menor tendencia a Inundación	1
2	Tendencia Normal a Inundación	2
3	Mayor tendencia a Inundación	3

Fuente: CODECHOCO, 2012

Para la generación de los mapas de los factores detonantes de precipitación se utilizó el mapa de Isoyetas generado para el departamento del chocó y se extrajo el mapa de la cuenca del Río Quito. Con base en las estadísticas de los valores máximos y mínimos de las estaciones se tomó los rangos de precipitaciones descritas en la tabla 7, en la que el rango menor rango (0 – 2000 mm/año), se describe como Muy Bajo y toma valor 1; y, el de mayor rango (>8000 mm/año), se describe Muy Alto y toma valor 7.

**Tabla 7. Valores del Factor detonante de precipitación.**

Ítem	Rango	Descripción	Valor FTp
1	0 – 2000	Muy Bajo	1
2	2000 – 5000	Bajo – Medio	2
3	5000 – 8000	Medio – Alto	3
4	> 8000	Muy Alto	4

Fuente: CODECHOCO, 2012

Para la información sísmica se tomó la del proyecto El Andén Pacífico de Colombia la cual interpretó de imágenes de radar INTERA a escala 1:100.000, delimitó Unidades de Relieve. La amenaza sísmica es el factor de mayor peligro. Históricamente se han presentado sismos de magnitud  $M > 8$ , con efectos colaterales como tsunamis, licuación, enjambres de deslizamientos y avenidas torrenciales, que pueden ser más peligrosos que la misma vibración sísmica. Otros fenómenos, como el volcanismo piroclástico, amenazan el sur de la zona; en tanto que al norte se presenta diapiroismo de lodos, que con sus efectos de incandescencia, flujos y deformación del terreno, limitan el desarrollo de ciertas áreas.

El proyecto definió 4 categorías de riesgo por amenaza sísmica como se ilustra en la tabla 8, para la aplicación de estas categorías en los análisis de Amenaza y zonas Susceptibles, se utilizó la cuantificación de la columna “VASis” en la que 4 es valor alto y 1 valor mínimo.

**Tabla 8. Valores Variables Sísmicas.**

Categoría	VASis
Alto	4
Bajo	2
Medio	3
Mínimo	1

Fuente: CODECHOCO, 2012

El resumen general de la cuantificación de las variables que se requieren para el análisis de riesgo se presenta en la tabla 10, con la cuantificación máximo y mínima dentro del proceso.

**Tabla 9. Cuantificación máxima y mínima de las variables**

Ítem	Temáticas	Variable	Rango
1	Pendientes	VPend	1 - 5
2	Conflictos de Uso	VConfuso	1 - 4
3	Geología	VGeolo	1 - 3
4	Geomorfología	VMorfo	1 - 3
5	Precipitaciones	VPreci	1 - 4
6	Sismos	VASis	1 - 4

Fuente: CODECOCO, 2012

### 5.2.2 Fase 2. Transformación de las fuentes de información

En la transformación de las variables se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

#### ✓ Aplicación de una proyección estándar

La información de datos temática y espacial se tomó de diferentes entidades del orden nacional y local, en la que cada una genera dato que vienen en diferentes formatos de información. Se transformó cada una de las temáticas al Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (MAGNA-SIRGAS), un sistema de referencia geodésico producto de la densificación de una red de estaciones GNSS de alta precisión en el área continental; se utilizó la (3115 Authority: EPSG) de proyección Transverse\_Mercator, en la tabla se aprecian los parámetros :

**Tabla 10. Parámetros de la proyección MAGNA-SIRGAS**

Ítem	Variable	Valor
1	Código	3115 Authority: EPSG
2	Nombre proyección	Transverse_Mercator
3	False_Easting/ Northing	1000000,0/1000000,0
4	Central_Meridian	-77,07750791666666
5	Scale_Factor	1,0
6	Latitude_Of_Origin	4,596200416666666
7	Linear Unit	Meter (1,0)
8	Geographic Coordinate System	GCS_MAGNA
9	Angular Unit	Degree (0,0174532925199433)
10	Prime Meridian	Greenwich (0,0)
11	Datum/ Spheroid	D_MAGNA/ GRS_1980
12	Axis Semimajor/ Semiminor	6378137,0/6356752,31

Fuente: ArcGIS ArcCatalogo

### 5.2.3 Fase 3. Aplicación de herramientas espaciales

Estas herramientas permiten procesar los datos espaciales, ya sea por combinación de temáticas o aplicando fórmulas a los atributos en formato de datos espacial raster o vector en función de su naturaleza y su fuente de captura.

#### 5.2.3.1 Descripción del geoprocesamiento

El procesamiento de la información geográfica, en inglés Geoprocessing, dispone de un conjunto de herramientas y procesos de combinación de temáticas que obedecen a operaciones de una fórmula específica mediante modelos.

Los procedimientos del geo procesamiento están destinados a establecer relaciones y análisis entre dos o más capas (shapefile comúnmente conocidas) independientemente de su naturaleza. Por lo general, estos procesos, se realizan mediante el análisis de dos capas, aunque en algún caso es posible operar con una sola o con más de dos a la vez.

Para este caso las temáticas son las Pendientes, Geología, Geomorfología, Conflictos de Uso, Eventos de Precipitación y Sismos Históricos para la región que obedecen a las relaciones de susceptibilidad existentes entre ellas.

Entre las funciones de geoprocésamiento que comúnmente se utilizan están:

- 1.- Buffer (Zona de influencia)
- 2.- Clip (Cortar)
- 3.- Dissolve (Disolver)
- 4.- Merge (fusión)
- 5.- Intersect (Intersección)
- 6.- Union (Unión)
- 7.- Erase (Borrar)
- 8.- Symmetrical Difference (Diferencia simétrica)
- 9.- Spatial Join (Unión espacial)
- 10.- Model Builder/ Constructor de modelos/ Modelizador

#### **5.2.3.2 Descripción de la calculadora de campos**

Se utiliza para realizar un cálculo matemático para establecer el valor de campo de un registro único o incluso de todos los registros. La herramienta Calculadora de campo de ArcMap del Software ArcGIS, permite realizar cálculos simples y avanzados en los registros especificados o preseleccionados que obedezcan a una descripción temática.

#### **5.2.4 Fase 4. Generación de los mapas temáticos del análisis del riesgo**

Para el desarrollo de esta actividad se procedió a organizar la tabla de atributos de los mapas de susceptibilidad las variables de Vpend, Cconufso, VGeolo y VeMorfo con los rangos definidos en la guía que sean utilizados en el cruce espacial de datos del sistema; de igual manera se unificó los mapas de los factores detonantes de precipitación y Amenaza sísmica las variables de VPreci y VAsis.

## 6. RESULTADOS

La información para la generación de los mapas de riesgo por inundaciones para la cuenca del río Quito, contó con el apoyo de la corporación para de Desarrollo Sostenible del Chocó, CODECHOCÓ, el cual facilitó los estudios mencionados en la fase metodológica. A continuación se describen los procesos desarrollados a estas variables físicas:

### 6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES TEMÁTICAS

#### 6.1.1 Mapa de pendientes

Para la generación del mapa de pendientes para la cuenca del río Quito se realizó con la ayuda de las curvas de nivel cada 10m de un modelo de Elevación Digital de Resolución 30m. En la cuenca existen curvas de nivel que oscilaron entre 10m y 410m; el procedimiento espacial incluyó, darles el atributo 3D a las curvas, llevar la información a un sistema TIN y luego a un DEM, luego se reclasificó la pendiente en grados a 5 niveles y los insumos para la variables “Valor Mp” de la tabla 4.

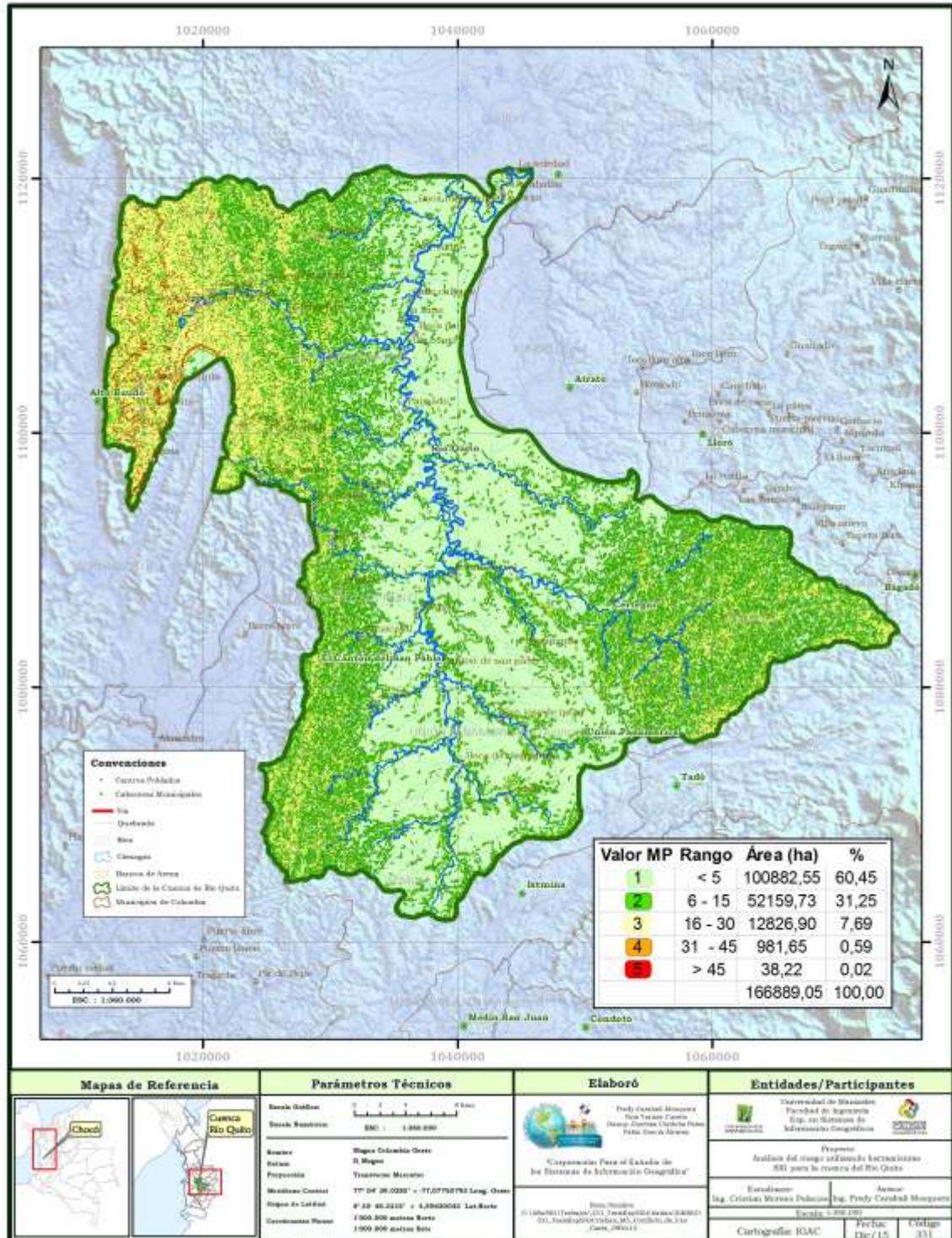
Los rangos de pendientes menores al 5 % presentan un 60,45% del área total de la Cuenca del Río Quito; localizada a lado y lado del río en sus zonas bajas en donde se realizan algunas actividades agrícolas por parte de las comunidades asentadas en la región. El 31,25 % está representado por el rango de 6 – 15 % ubicadas mayormente en a 5 y 15 km aproximadamente de la corriente principal; La zona de fuertes pendientes se encuentra localizada a los alrededores de la serranía de Baudó en límites con los municipios de Altó Baudó con el Municipio de Río Quito. Ver los valores en la tabla 12. Los valores de la columna “ValorMP” son que interactúan para estimar la fórmula de susceptibilidad. El mapa 4 muestra las pendientes en la cuenca de Río Quito

Tabla 11. Rangos de pendientes de la Cuenca Río Quito

Valor MP	Rango	Área (ha)	%
1	< 5	100882,55	60,45
2	6 - 15	52159,73	31,25
3	16 - 30	12826,90	7,69
4	31 - 45	981,65	0,59
5	> 45	38,22	0,02
		166889,05	100,00

Fuente: AfroSIG 2016

Mapa 4. Mapa de pendientes de Río Quito



Fuente: Cartografía IGAC, Diagramado Corporación AfroSIG

## 6.1.2 Mapa de Geología

Para facilitar la descripción de este capítulo se tomó la información del proyecto de Investigación Integral del Andén Pacífico Colombiano, en su Tomo I, de Geología, desarrollado en conjunto con el IGAC (IGAC-INGEOMINAS, 2002). El proyecto estudio unidades roca ígneas volcánicas, plutónicas, y sedimentarias cuyas edades se han asignado desde el Cretácico Inferior hasta el Reciente. Para su descripción se ha tenido en cuenta tanto su origen como la edad asignada en la leyenda del mapa geológico, indicando para cada una el origen de la nomenclatura utilizada, su localización con respecto al área considerada, sitios de exposición de mejor o más fácil acceso, contactos, características litológicas, origen, edad y posibles correlaciones con unidades litoestratigráficas conocidas.

Para la cuenca del Río Quito se describen 12 formaciones geológicas que se describen en la tabla 13, a continuación se describen las formaciones de Quibdó (N2qB) y la formación de terrazas aluviales (q2t) que presentan mayor presencia en la zona.

### 6.1.2.1 La formación Quibdó N2qB

Descrita por Haffer (1967) en la carretera Quibdó – Medellín (plancha 164 Quibdó), al este de Quibdó, cerca al sitio La Troje y constituida por arcillolitas abigarradas con interío dos de cuarzo lechoso. Esta formación aflora en la margen occidental del río Quito y oriental del río Atrato, forma franjas alargadas de hasta Km de ancho, separadas por depósitos cuaternarios de 15 Km de ancho. Se observa en el flanco oeste del Sinclinorio del Atrato, en las carreteras Las Ánimas – Nuquí, Las Ánimas – Taridó y río Taridó (plancha 184 Lloró) y en su parte más sur, en la quebrada Dos Bocas (plancha 203 Istmina).

### 6.1.2.2 Terrazas Aluviales (q2t), Consolidadas (q2tc) y Auríferas (q2tau).

Depósitos asociados a las antiguas planicies aluviales de los ríos de la región, en particular en las zonas de transición entre las áreas montañosas y el piedemonte asociadas a los ríos principales como el Patía, Telembí, San Juan, Atrato, Micay, Naya y otros. Actualmente se les encuentra formando superficies planas antiguas a muy antiguas, como evidencia de dinámica y actividad de los ríos ancestrales; en otros casos, han sido originadas por incisión o entalle de los ríos y cambios de su curso.

Se componen de material detrítico, de carácter polimíctico, suelto a compacto, mal seleccionados, con granulometría variable y predominio de la fracción gruesa, embebida en una matriz de arena, limo y arcilla. Presentan estratificación gradada, cruzada y lenticular con un espesor que puede alcanzar hasta 30 ó 35 m.

Cada una de las formaciones se clasificó para el modelo según sus características físicas se clasificó la variable VGeolo en el rango de 1 a 3 siendo 1 menos riesgo y 3 más riesgo, presentando valor de 2 las formaciones de Quibdó, Sierra, Napapí Uva e Istmina, ver tabla 12 y mapa 5.

**Tabla 12. Rangos de pendientes de la Cuenca Río Quito**

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>VGeolo</b>	<b>Área(ha)</b>	<b>%</b>
N2qb	Formación Quibdó	2	37553,21	22,50
Q2tau	Auríferas	1	29002,39	17,38
Q2al	Depósitos aluviales	1	24115,46	14,45
N1sra	Formación Sierra	2	17953,01	10,76
N1sr	Formación Sierra	2	16958,09	10,16
N1srac	Formación Sierra	2	13084,89	7,84
Q2t	Terrazas Aluviales	1	11019,82	6,60
N1srl	Formación Sierra	2	6371,41	3,82
N1np	Formación Napipí	2	5253,72	3,15
Q2tc	Consolidadas	1	4977,54	2,98
E3N1uv	Formación Uva	2	322,94	0,19
E3N1is	Formación Istmina	2	276,57	0,17
<b>Total</b>			<b>166889,05</b>	<b>100,00</b>

Corporación AfroSIG - 2016



### 6.1.3 Mapa de Geomorfología

La morfología actual del departamento del Chocó debe a la acción de procesos tectodinámicos progresivos y morfodinámicos exógenos que han actuado bajo condiciones climáticas cambiantes. Los procesos morfodinámicos exógenos determinan la morfología actual con relieves característicos y contrastantes, generados a través de procesos de degradación y agradación.

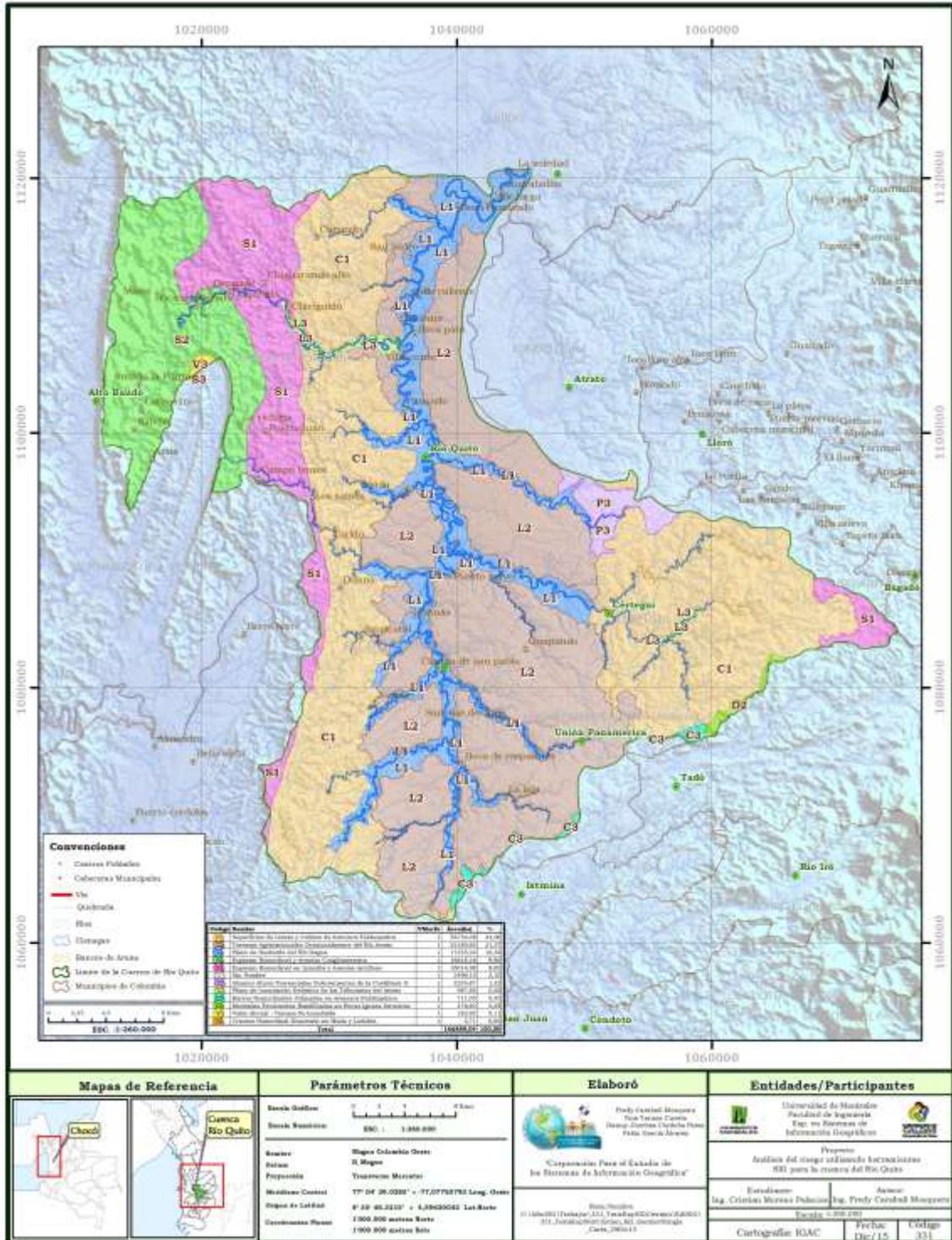
De acuerdo con la clasificación de Zinck (1987), en la cuenca de Río Quito, se identificaron (13) unidades geomorfológicas, donde la unidad de Superficies de Lomas y Colinas de Arenisca fedespatica (C1) con 34,00% tiene la mayor representatividad en el territorio localizado paralelo al Río Quito sobre la franja 18 kms aproximadamente, le sigue la descripción de Terrazas Agradacionales Ocasionalmente del Río Atrato, con un 31,37% localizada a los alrededores del Río Quito. Para la modelación de los datos de riesgo el valor de VMorfo es igual a 1 dadas las características de las zonas. Ver tabla 13 y mapa 6

**Tabla 13. Gemorfología de la Cuenca Río Quito**

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>VMorfo</b>	<b>Área(ha)</b>	<b>%</b>
C1	Superficies de Lomas y Colinas de Arenisca Feldespatica	1	56734,08	34,00
L2	Terrazas Agradacionales Ocasionalmente del Río Atrato	1	52189,65	31,27
L1	Plano de Desborde del Río Dagua Espinazo Homoclinal y Arenisca	1	17255,24	10,34
S2	Conglomeratica Espinazo Homoclinal en Limolita y Arenisca	1	16618,16	9,96
S1	Arcillosa Sin Nombre	1	16014,98	9,60
P3	Abanico Aluvio-Torrenciales Subcrecientes de la Cordillera O.	1	2224,67	1,32
L3	Plano de Inundación Deltatico de los Tributarios del Atrato	1	967,85	0,58
C3	Barras Homoclinales Colinadas en Arenisca Feldespatica	1	711,05	0,43
D2	Montañas Erosionales Ramificadas en Rocas Igneas-Inrusivas	1	476,63	0,29
V3	Valle Aluvial : Terraza No Inundable Creston Homoclinal Disectado en Shale y	1	192,92	0,11
S3	Lodolita	1	5,71	0,00
<b>Total</b>			<b>166889,04</b>	<b>100,00</b>

Fuente: IGAC – Procesado Corporación AfroSIG - 2016

Mapa 6. Geomorfología de la cuenca del Río Quito



Fuente: Cartografía IGAC, Diagramado Corporación AfroSIG

#### 6.1.4 Mapa de Conflictos de Uso

Se tomó las coberturas vegetales del mapa de Zonificación Ecológica del pacífico Colombiano elaborada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi en el año 2000 y los usos definidos para estimar mapa de conflicto de uso de suelo. Se clasificó para la estimación de la susceptibilidad la clasificación de 1 para menos conflicto y 4 para mayor conflicto de sus de uso. Para la cuenca del Río Quito hay 3 categorías de conflicto de uso del suelo presentando mayor porcentaje los conflictos 1 (menor incidencia, Bosques con Uso Forestal y sin uso definido). Los valores se aprecian en la tabla 14.

**Tabla 14. Valores de conflictos de uso de suelo para la cuenca**

<b>Nombre</b>	<b>Clase</b>	<b>VConfuso</b>	<b>Área(ha)</b>	<b>%</b>
Extracción y Recolección	E	3	75065,06	44,98
Uso Forestal	F	1	42925,76	25,72
Extracción y Recolección	E	1	15550,39	9,32
Uso Agrícola	C	3	14608,00	8,75
Extracción y Recolección	E	2	6645,74	3,98
Uso Agrícola	C	1	5643,39	3,38
Uso Forestal	F	2	4249,18	2,55
NO APLICA	NO APLICA	1	1630,76	0,98
Ganadería	P	2	292,18	0,16
Uso Agrícola	C	2	251,21	0,15
Ganadería	P	1	27,28	0,02
Asentamientos Infraestructura	A	3	8,70	0,01
			<b>166897,65</b>	<b>100,00</b>

Fuente: IGAC – Procesado Corporación AfroSIG - 2016

#### 6.1.5 Los factores detonantes: Precipitación y Eventos sísmicos

Los factores detonantes de precipitación y se tomaron de la información de precipitación mensual multianual de estaciones de la zona y los eventos sísmicos del proyecto de andén pacífico realizado por IGAC.

##### 6.1.5.1 La precipitación de la zona

Con la información del valor mensual multianual de la estación se realizó la interpolación para determinar las Isoyetas de precipitación para la cuenca de Río Quito en la que se tiene un valor máximo de 9250mm/año y un valor mínimo de 4500mm/año.

Al igual que las demás variables se estimó el valor que entra en el análisis con el Valor VPreci con los rangos presentes en la tabla 7, en la que el número 4 corresponde a los valores más altos y 2 a los de menor riesgo. Ver tabla 15.

**Tabla 15. Valor detonante de precipitación**

<b>Código</b>	<b>Elevación</b>	<b>VPreci</b>	<b>Área(ha)</b>	<b>%</b>
121	5750	3,00	26679,23	15,99
114	6750	3,00	19891,66	11,92
				1
117	6250	3,00	18530,24	1,10
119	6000	3,00	18354,25	11,00
116	6500	3,00	17654,65	10,58
85	5500	3,00	10779,44	6,46
105	7000	3,00	10175,76	6,10
81	5000	3,00	9715,29	5,82
83	5250	3,00	9303,97	5,57
104	7250	3,00	5016,80	3,01
103	7500	3,00	3908,81	2,34
99	8000	3,00	3640,02	2,18
80	4750	2,00	3474,25	2,08
98	8250	4,00	3336,69	2,00
101	7750	3,00	3301,95	1,98
97	8500	4,00	1677,09	1,00
78	4500	2,00	706,97	0,42
96	8750	4,00	419,22	0,25
95	9000	4,00	231,54	0,14
94	9250	4,00	87,33	0,05
79	6250	3,00	3,90	0,00
<b>Total</b>			<b>166889,06</b>	<b>99,99</b>

Fuente: IDEAM – Procesado Corporación AfroSIG - 2016

### 6.1.5.2 Los eventos sísmicos

Los valores de sismos históricos para la cuenca del Río Quito se catalogaron en los rangos de Mínimo a Alto, en la que predominó el valor de 48,77% para los sismos de categoría Baja, como se aprecia en la tabla 16.

Tabla 16. Valore de amenaza Sísmica para la cuenca de Río Quito

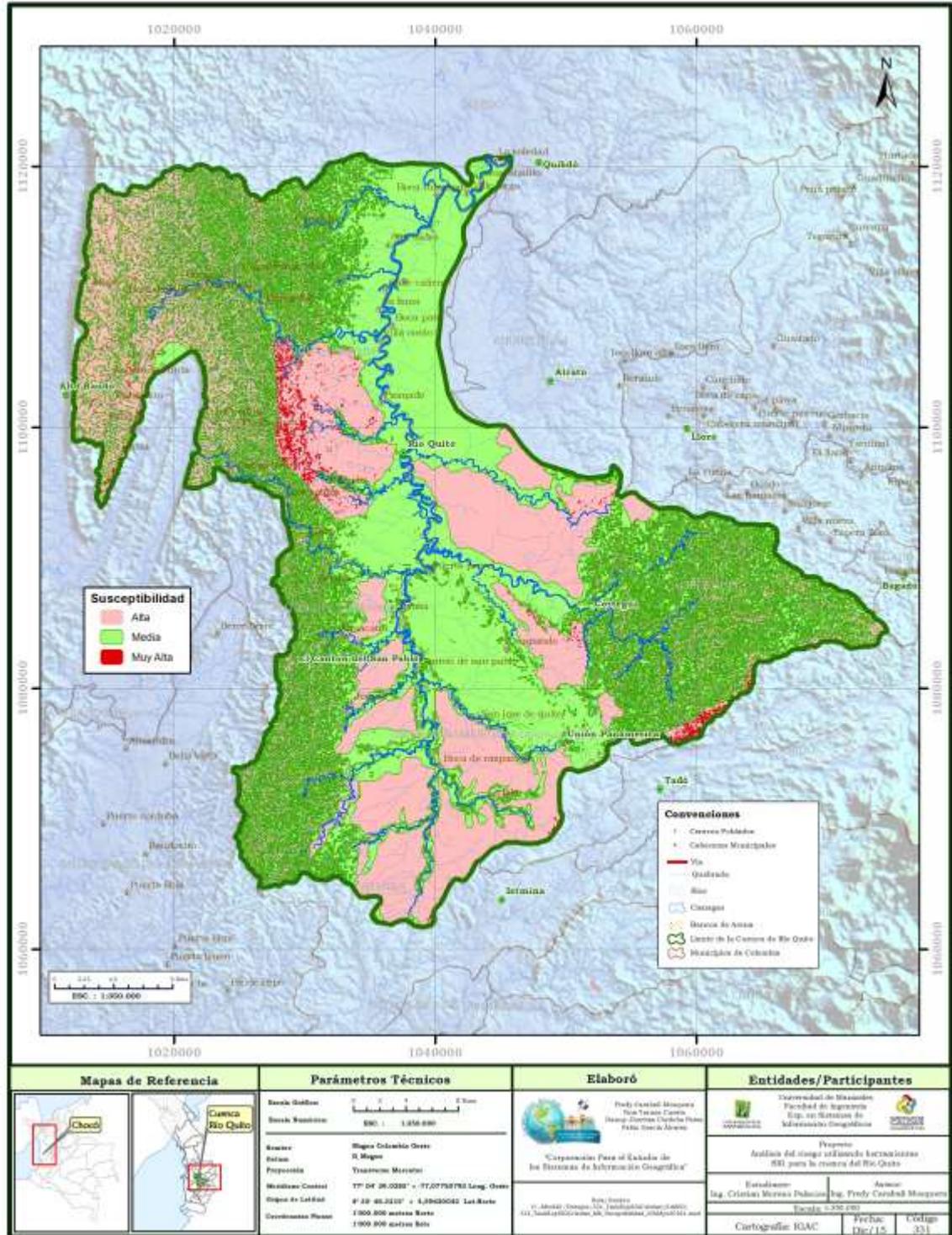
Ítem	Susceptibilidad	VASis	Área(ha)	%
1	Bajo	2	81394,82	48,77
2	Medio	3	41266,55	24,73
3	Mínimo	1	26501,88	15,88
4	Alto	4	17725,80	10,62
<b>Total</b>			<b>166889,05</b>	<b>100,00</b>

### 6.1.6 La susceptibilidad en la cuenca de Río Quito

Con los rangos presentes en la tabla 9, se realizó la unión espacial con los mapas de Pendientes, conflictos de uso, geología y geomorfología como factores físicos, con la suma de las variables de **VPend**, **VConfuso**, **VGeolo** y **VGeomorfo**

En el mapa 7 se puede apreciar que la zona de susceptibilidad Media de riesgo se presenta en la zona a borde del río principal, mientras que la zona alta se presente en la zona de transición de la cuenca y las zonas con susceptibilidad muy alta se presentan donde las pendientes son mayores.

Mapa 7. Susceptibilidad en la Cuenca del Río Quito



### 6.1.7 El Amenaza en la cuenca de Río Quito

Para la cuenca del Río Quito se definió la amenaza como la susceptibilidad de la tabla 15, más los factores detonantes de precipitación y valores de amenaza sísmica; con estos criterios se obtuvo que el 73,44% de la cuenca se encuentra en condiciones de amenaza media, representada en las zonas intermedias de la cuenca en ambos extremos del Río Quito. Le sigue la amenaza de rango media en un 20,41% ubicada en la zona de valle aluvial del Río Quito; ya las zonas con amenaza alta se encuentran localizadas en las zonas con mayores pendientes, altas y menos accesibles, ver tabla 17.

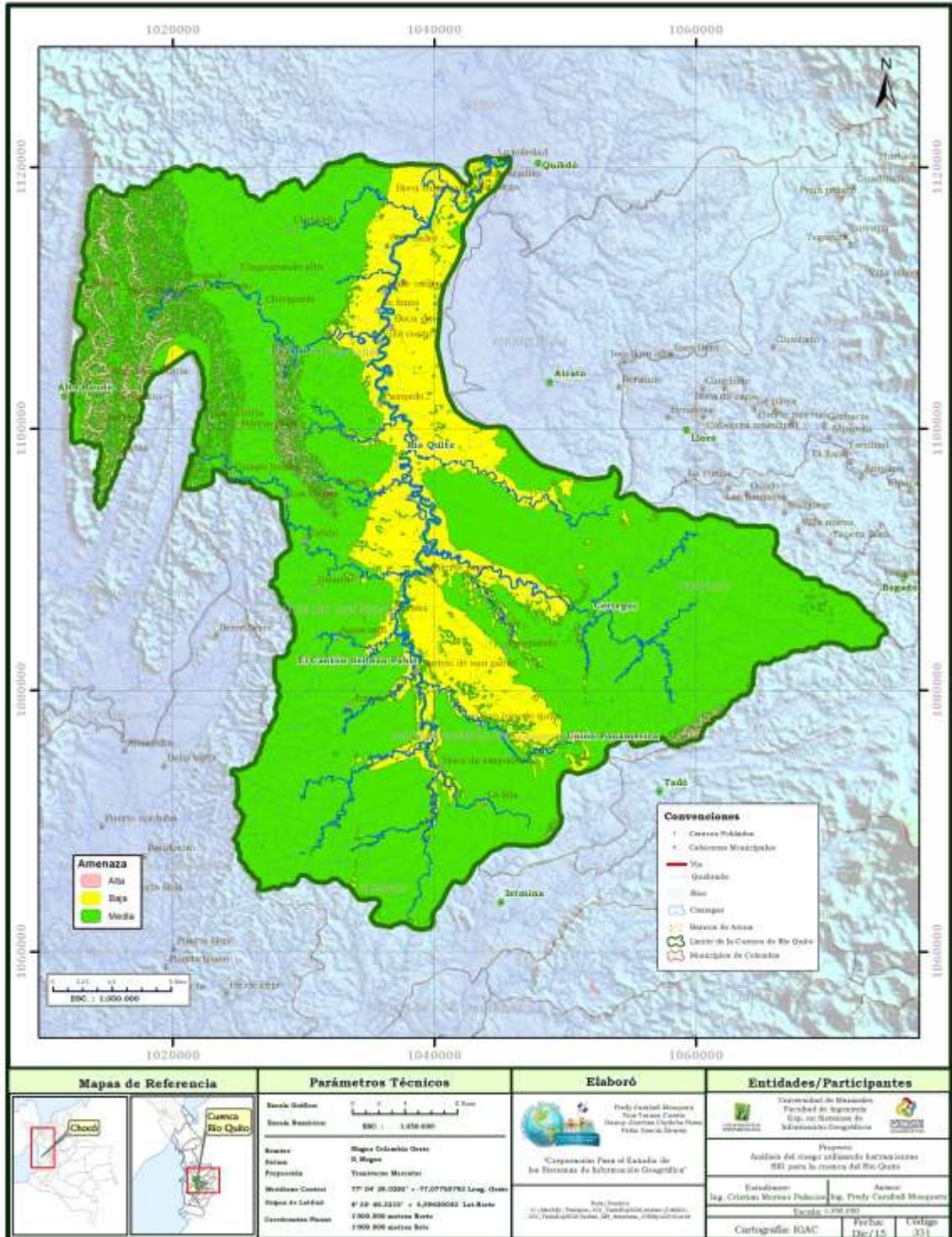
**Tabla 17. Valores riesgo de amenaza para la cuenca de Río Quito**

Ítem	Amenaza	Área (ha)	%
1	Media	122561,20	73,44
2	Baja	34065,27	20,41
3	Alta	10262,57	6,15
		166889,04	100,00

Fuente: AfroSIG

Los valores de la cuantificación de la amenaza para la cuenca de Río Quito no presentó valores del rango muy alto, comprendido ente 19 – 22 según tabla 3, soportado porque no existe valores de pendientes extremas ni valores extremos de precipitaciones y registro de sismo altas para la zona.

Mapa 8. Rangos de amenaza en la cuenca de Río Quito.



Fuente: AfroSIG

## 6.2 ANÁLISIS DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA CUENCA.

De realizó un análisis del riesgo por inundación con la visión ambiental, y social en la que se describen el comportamiento de estas variables en las principales zonas como las cabeceras de los municipios principales y las comunidades negras e indígenas presentes.

### 6.2.1 Los centros poblados

De las tres cabeceras municipales presentes en la cuenca de río Quito, la cabecera de Paimadó, presenta una un riesgo por inundación de alto, y media las cabeceras de Managrú (En el Cantón de San Pablo) y Cértegui. Con estas variables. Esto es un aporte a lo que se viene adelantando del plan de riesgo del Municipio que se aprecia que además de las cabecera de Paimadó, los centros poblados de Villa Conto y Guayabalito que se encuentran al borde del río Quito, presentan problemas de inundación a causa del deterioro de la banca del río sobre estas comunidades.

El análisis por inundación muestra en el mapa de susceptibilidad, que en el Municipio de Río Quito, el cauce principal presenta problemas por lo general de inundaciones ente otras a cauda de la destrucción del cauce del río debido a la actividad minera que actualmente afecta estas comunidades

### 6.2.2 El riesgo por inundación en las formas de tenencia de la tierra

Las formas de tenencia de la tierra que existen para la cuenca del río quito está representada por los títulos colectivos de comunidades negras llamados también consejos comunitarios, los títulos colectivos de comunidades indígenas llamados también resguardos indígenas, la tenencia de la tierra de propiedad del estado por medio de los municipios, los territorios llamadas baldíos y los independientes. Para analizó los consejos comunitarios de comunidades negras

Existen en la cuenca el Río Quito 10 Consejos comunitarios los cuales se describen en la tabla 18:

**Tabla 18. Consejos comunitarios de comunidades negras de la cuenca**

Nombre Consejo	Área (ha)	%
Mayor del Cantón San Pablo "acisanp"	36043,42	24,285
Villa Conto	27402,00	18,462
Cértegui	25815,37	17,393
Paimadó	17015,46	11,464
Istmina y Parte del Medio San Juan	16428,12	11,069

San Isidro	11853,31	7,9863
Mayor de Unión Panamericana	11528,06	7,7671
Mayor del Alto San Juan "asocasan"	1196,86	0,8064
Río Baudó Acaba	1118,52	0,7536
Mayor del Medio Atrato Acia	19,74	0,0133
	148420,86	100,00

Fuente AfroSIG

De los 10 consejos comunitarios existentes en la cuenca del Río Quito, el 50% de ellos se encuentran en riesgo de inundación clasificado como medio, entre los cauces se encuentran Paimadó y Villa Conto, reforzando el ítem de centros poblados Ver tabla 19.

Tabla 19. Consejos comunitarios con riesgo de inundación

Ítem	CNNOMBRE	Riesgo	VRiesgo	Área (ha)
	Mayor del Cantón san pablo "ACISANP"	2	Media	25924,19
	Cértegui	2	Media	23637,87
	Villa Conto	2	Media	16626,84
	Istmina y parte del medio san juan	2	Media	15990,02
		2	Media	12680,13
	paimadó	2	Media	11185,09

Fuente AfroSIG

### 6.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS.

En cuanto a metodología, **Robayo (2014)** se enfocó en los decreto 190 de 2004, decreto 364 de 2013 y de acuerdo con el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE, en la que se analizan:

- Zonas o Áreas en Amenaza por Fenómenos de Inundación por Desbordamiento:** Corresponde a las zonas o áreas donde existe una probabilidad de ocurrencia de inundaciones por desbordamiento de cauces naturales y/o cuerpos de agua intervenidos asociados a periodo de retorno, a la altura de la lámina de agua con efectos potencialmente dañinos.
- Categorías de Amenaza por fenómenos de inundación por desbordamiento: Zonas o áreas en Amenaza Alta:** Zona delimitada por la línea de inundación producida por el desborde del cauce calculado para el caudal de creciente de un periodo de retorno menor o igual a 10 años, ya sea por causas naturales o intervención antrópica no intencional, y con una profundidad de lámina de agua igual o superior a 0,50 m, duración, caudal y velocidad con efectos potenciales de ocasionar daños graves. Esta franja tiene una probabilidad de estar inundada por lo menos una vez

cada diez (10) años durante la vida útil del jarillón hasta ese nivel. Probabilidad (>65%). **Zonas o áreas en Amenaza media:** Zona delimitada por la línea de inundación producida por el desborde del cauce calculado para el caudal de creciente entre los periodos de retorno de 10 y 100 años, ya sea por causas naturales o intervención antrópica no intencional, con duración, caudal y velocidad con efectos potenciales de ocasionar daños moderados. Probabilidad (10% -65%). **Zonas o áreas en Amenaza baja:** Zona delimitada por la línea de inundación producida por el desborde del cauce calculado para el caudal de creciente de un periodo de retorno mayor o igual a 100 años, ya sea por causas naturales o intervención antrópica no intencional, y con efectos potenciales de ocasionar daños leves. Esta franja tiene una probabilidad de estar inundada por lo menos una vez cada cien años durante la vida útil del jarillón. Probabilidad (< 10%),

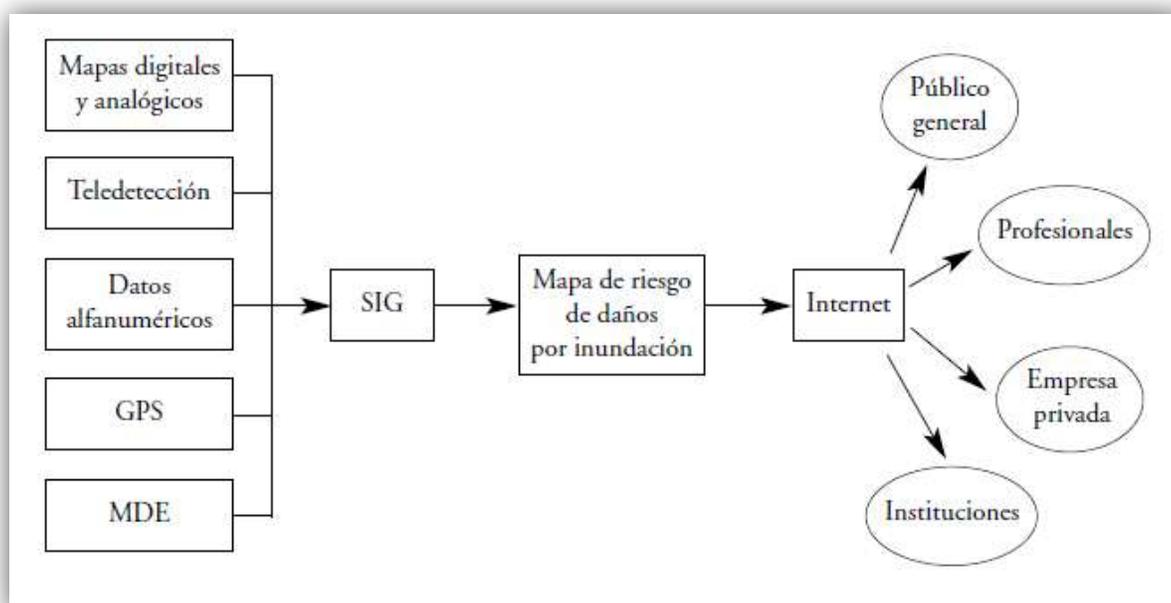
Adicionalmente desarrollaron un modelo en el que se presentaron las variables principales de: precipitación, escorrentía, el uso de suelo, el área y la topografía y variables secundarias: el caudal y las características geométricas de la sección como el área mojada, el perímetro, el radio hidráulico y la endiente de cauce.

A diferencia del presente estudio que utilizó la guía del INGEOMINAS – CVC (2001), que cruza espacialmente las variables de Pendientes, Geología, Geomorfología, Conflictos de Uso, Eventos de Precipitación y Sismos Históricos con el diagrama de flujo ilustrado en el diagrama 1 para obtener el mapa de riesgo por inundación.

En cuanto al esquema de funcionamiento **Robayo (2014)**, utilizó la plataforma de Sistema de Información geográfica libre QGIS el cual presente al igual que el software comercial una alta eficiencia en la utilización de las herramientas espaciales como la plataforma del ArcGIS utilizada en este estudio.

Masgrau, 2004, Mostró que los mapas de riesgo de inundaciones en relación con los impactos potenciales pueden llegar a producir en personas, bienes y actividades. Por ello, es preciso añadir el concepto de vulnerabilidad al mero estudio del fenómeno físico. El proceso metodológico utilizó los mapas digitales y analógicos, los procesos de teledetección, la incursión de los datos alfanuméricos, la tecnología de los GPS y los modelos de elevación digital, aplicando los Sistemas de Información Geográfica se obtuvo el mapa de riesgo de daños por inundación y con las nuevas tecnologías se incorpora al internet para su divulgación. Se utilizó el software comercia Map Info. Ver figura x

**Diagrama 2. El papel integrado de los SIG**



Fuente Masgrau, 2004,

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

En el estudio se presentó sobre el valle fluvial de la cuenca del Río Quito, una clasificación de amenaza baja, influenciado principalmente por las bajas pendientes que predominan en esta zona; sin embargo, es recomendable realizar estudios hidrológicos, hidráulicos y fluviales para estimar las inundaciones en las zonas ribereñas, dadas las condiciones de asentamientos de las comunidades Negras e indígenas que viven en la zona.

El estudio analizó los procedimientos metodológicos utilizados en otros estudios a nivel local nacional e internacional en el que se pudo apreciar que los Sistemas de Información Geográfica SIG, son una herramienta que permitió integral modelos, ecuaciones con el fin de obtener los mapas de riesgo por inundación

A nivel nacional el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, es la autoridad ambiental oficial encargada de generar los mapas base y temáticos para el país a diferentes escalas; en este estudio se logró el uso de esta cartografía con los permisos respectivos, para trabajos de investigación. Adicionalmente se utilizó la información desarrollada por las fuentes locales como las alcaldías municipales y la corporación CODECHOCO, para enriquecer los requerimientos de los procedimientos y metodología utilizados.

El procedimiento metodológico utilizado, la guía metodológica del INGEOMINAS-CVC, (2001), exige el cálculo de variables antes mencionadas; el estudio permitió la generación y los paso a paso de los procedimientos espaciales para determinar el mapa de riesgo por inundación en la cuenca del Río Quito.

Los resultados de este estudio de riesgo por inundación en la cuenca del Río Quito en la que interviene los municipios de Río Quito, El Cantón de San Pablo, Cértegui, Istmina, Unión Panamericana y Atrato, permiten contar con resultados que pueden ser incorporados en los Esquemas de Ordenamiento de cada uno de los municipios y servir como base a la profundización y mejoramiento de escala de los análisis por inundaciones

## **7.2 RECOMENDACIONES**

Dado que el estudio desarrollado arrojar resultados de los riesgos por inundación en la cuenca del Río Quito, es pertinente y se recomienda incluir los procedimientos metodológicos para de los riesgos ambientales bajo el desarrollo de ecuaciones y modelos que se pueden desarrollar mediante los Sistemas de Información Geográfica.

A pesar que es este estudio no se incurrió en costos de uso de manejo de las herramientas espaciales por ser un producto académico, se recomienda minimizar los costos de estos proyectos en la parte de software con el uso de plataformas libres como el QGIS y los manejadores de Bases de Datos espaciales.

## **8 BIBLIOGRAFÍA**

- ALCALDÍA MUNICIPAL.** Esquema de Ordenamiento territorial del Municipio de Río Quito, EOT, 2005.
- ALCALDÍA MUNICIPAL.** Revisión y ajuste del Esquema de Ordenamiento territorial del Municipio de Río Quito, EOT, 2014.
- ARNOFF, Stan.** Geographic Information System: A Management Perspective 1989. WDL Publications. Ottawa, Canada.
- BANCO MUNDIAL.** Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia : un aporte para la construcción de políticas públicas –Bogotá, Colombia:, 2012. 436p. : il. 333.3109861/A56
- BURROUGH, P.A. y Rachel Mcdonnell** (1998): Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assesment. ISBN 0-19-823365-5 Oxford Univ Press.
- CEBRIÁN, J. A. (1992):** Información Geográfica y Sistemas de Información Geográfica. Univ. De Cantabria. p. 85. ISBN: 84-87412-81-5
- INGEOMINAS-CVC.** Evaluación de riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa. Guía Metodológica. Autores Castro M. E., Valencia N. A., Ojeda J. M., Muñoz F. C., Fonseca G. S. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Julio 2001
- LUHMANN, L** (1993).Risk A sociological theory. Nueva York, Aldine de Gruyter.
- MASGRAU L. R.** Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. Universitat de Girona. Departament de Geografia, Història i Història de l'Art. Plaça Ferrater Mora, 1. 17071 Girona. [lluis.ribera@udg.es](mailto:lluis.ribera@udg.es). 2004
- MULLER, J. C. (1985):** "Geographic Information Systems: A unifying force for geography", The Operational Geographer, n1 8, pp. 41 - 43.
- MUÑOZ, F.A** (1997) Notes on communication and volcanicrisk. En B. M. Drottz Sjoberg (ed.).New risk frontiers. 10 Anniversary. The society for Risk Analysis – Europe. Estocolmo, Center for Risk, pp.123-28.

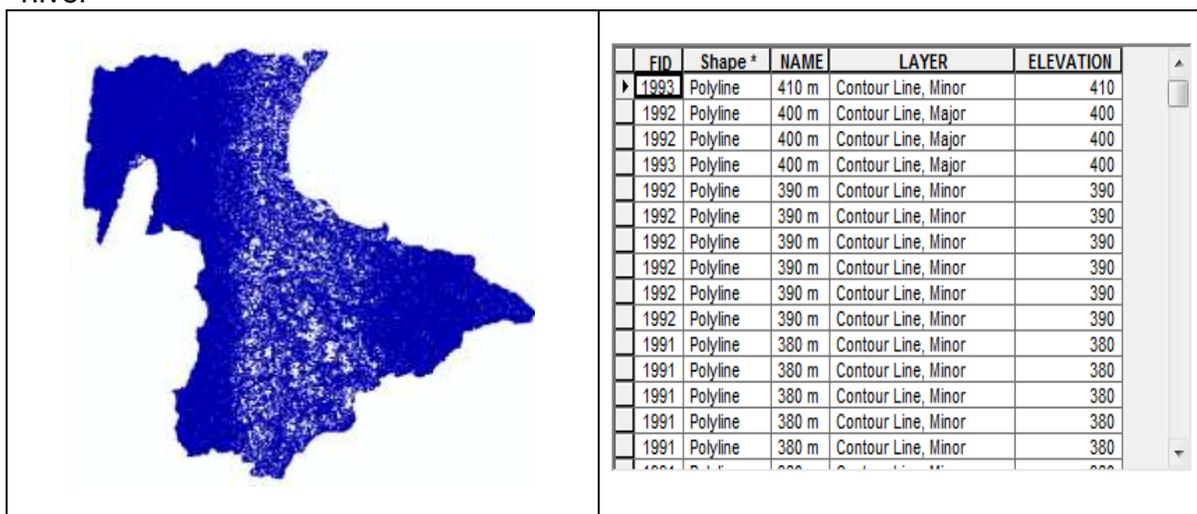
- NCGIA**, NATIONAL CENTER FOR GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND ANALYSIS, (Centro Nacional para la Investigación Geográfica y Análisis) de EEUU, Core Curriculum. Tres volúmenes: I. Introduction to GIS; II Technical issues in GIS; III Application issues in GIS, national center for geographic Information and Analysis / University of California, Santa Bárbara (California) 1990.
- PEUQUET, D.J., 1990:** "A conceptual framework and comparison of spatial data models", Introductory readings in Geographic Information Systems, Taylor & Francis, Londres.
- PUSINERI G.** Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la prevención de riesgos y la formulación de planes de contingencia en inundaciones, [gachipu@fich.unl.edu.ar](mailto:gachipu@fich.unl.edu.ar). 2004
- ROBAYO M. A.** Análisis de amenaza por inundación para la localidad de Tunjuelito, desarrollado a través de Sistemas de Información Geográfica. Programa de Ingeniería civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia Bogotá D.C., Colombia. 2014.
- STAR, J. and ESTES, J. (1990)** Geographical Information Systems: An Introduction. Englewoods Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.
- UNDRO.** Natural Disasters and Vulnerability Analysis. Informe de Reunión del Grupos de expertos Ginebra, Oficina de Coordinación de las Naciones Unidas para el Socorro en los casos de Desastres. 1979.
- UNESCO, ITC, CEPREDENAC, UNIVERSITEIT UTRECHT, TUDELFT.** Análisis de riesgo por inundaciones y deslizamientos de tierra en la microcuenca del arenal de Montserrat, San Salvador, Noviembre de 2003.

## 9 ANEXOS

### 9.1 GENERACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS CON SIG

#### 9.1.1 Generación de mapa de Pendientes

Se obtuvo las curvas de nivel cada 10m de la Cuenca del Río Quito de un modelo de Elevación Digital de resolución 30m, las cuales oscilaron en altura, entre 10m 410m. En la siguiente figura las líneas de Color Azul corresponden a las curvas de nivel

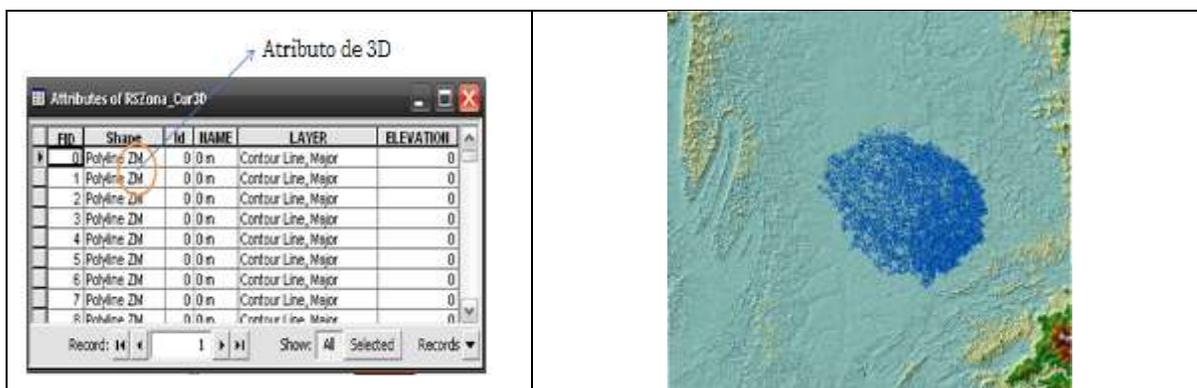


#### Aplicación de atributo 3D a las curvas

El mapa de curvas de nivel tiene campos de Identificación automática de registros "FID", de Forma "Shape" en cual tiene valores de nombre poli línea "polyline" el cual deben pasarse a "Polyline ZM", el cual le da la propiedad de trabajar alturas reales al momento de realizar modelación.

#### Generación de un Raster en formato TIN

Los datos de curvas de nivel con el valor de la propiedad de atributo de elevación y con la propiedad de 3D en el campo de forma "Shape", se genera una superficie llamada Red de Interpolación triangular de datos espaciales



### Generación y reclasificación del mapa de pendientes

Se deriva las pendientes de la superficie de triangulación Generado. Dado que las pendientes se pueden generar en Porcentajes y (0 -100) o el Grados (0-90) se procedió a realizar en el formato de grados decimales. Se generan 9 rangos de pendientes reclasificando en 5 según la siguiente tabla

Tabla X. Rangos de la Pendiente

Rangos de la pendiente	Valor del Rango
1	< 5
2	6 - 15
3	16 – 30
4	31 - 45
5	> 45