FORMULACIÓN

POMCA

COMPLEJO HUMEDALES CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica



FASE DE DIAGNÓSTICO
DOCUMENTO GENERAL
VOL.VII. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DE CARTOGRAFÍA Y SIG

MINAMBIENTE

MINHACIENDA

TODOS POR UN NUEVO PAÍS
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

POMCA MAGDALENA AMBIENTAL

CORPAMAG

Fondo Adaptación

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO i
LISTA DE FIGURAS ii
LISTA DE TABLAS iii
VOLUMEN 7 1
ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DE CARTOGRAFÍA Y SIG 1
INTRODUCCIÓN 1
1. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN 2
1.1. Fuentes De Información 2
1.2. Hallazgos en la Cartografía Básica 2
1.2.1. Geodatabase 2
1.3. Definición de los Parámetros Geodésicos 6
1.4. Estructura General de la Información 6
1.4.1. Estructura de la geodatabase 6
1.5. Metadatos 10
1.6. Diccionario De Datos 10
1.7. Mapas y Salidas Cartográficas 10
1.7.1. Metodología 10
1.7.2. Procesos y Procedimientos 11
1.7.3. Procedimiento para la generación de mapas y salidas cartografías 29
1.7.4. Plantillas y formatos 40
1.7.5. Salidas cartográficas 40
1.7.6. Mapas 40
BIBLIOGRAFÍA 43
ANEXOS 44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Feature dataset y tablas contenidas en la GDB..... 7
Figura 1.2. Dataset con feature class contenido y su tipo de objeto vectorial..... 9
Figura 1.3. Listado de tablas contenidas en la GDB..... 10
Figura 1.4. Esquema general del proceso cartográfico..... 12
Figura 1.5. DEM con resolución de 30m..... 16
Figura 1.6. DSM con resolución de 12.5m..... 16
Figura 1.7. DEM con resolución de 10m, utilizando interpolador geoestadístico de Kriging..... 16
Figura 1.8. Modelo del geo proceso para la generación de pendientes..... 19
Figura 1.9. Susceptibilidad por incendios..... 21
Figura 1.10. Susceptibilidad por inundaciones..... 21
Figura 1.11. Susceptibilidad por avenidas torrenciales..... 21
Figura 1.12. Susceptibilidad por movimientos en masa..... 22
Figura 1.13. Amenaza por incendios..... 22
Figura 1.14. Amenaza por inundaciones..... 23
Figura 1.15. Amenaza por movimientos en masa..... 23
Figura 1.16. Amenaza por avenidas torrenciales..... 24
Figura 1.17. Modelo de exposición..... 24
Figura 1.18. Análisis de fragilidad..... 25
Figura 1.19. Vulnerabilidad..... 25
Figura 1.20. Escenarios de riesgo y escenarios priorizados..... 26
Figura 1.21. Geoproceso para la obtención de las Áreas Críticas..... 27
Figura 1.22. Zonificación Climática..... 28
Figura 1.23. Capacidad y uso de la tierra..... 28
Figura 1.24. Geoproceso densidad de fracturamiento..... 33
Figura 1.25. Geoproceso por la pérdida de cobertura natural en áreas y ecosistemas..... 35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Ficha de evaluación de la cartografía base: No hay conexión entre objetos de diferentes planchas 3

Tabla 1.2. Ficha de evaluación de cartografía base: deficiente cubrimiento de curvas de nivel..... 4

Tabla 1.3. Ficha de evaluación de cartografía base: Continuidad en drenajes..... 5

Tabla 1.4. Requerimientos de información para generar la capa de Pendiente del terreno. 18

Tabla 1.5. Clasificación de la pendiente según el Servicio Geológico Colombiano y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 18

Tabla 1.6. Listado de salidas cartográficas para la fase de diagnóstico 41

Tabla 1.7. Listado de mapas para la fase de diagnóstico 42

VOLUMEN 7.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DE CARTOGRAFÍA Y SIG

INTRODUCCIÓN

La Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (Olaya, *Et al*, 2014) precisa unos productos cartográficos tanto de la información básica como temática, que implica la estructuración de la información en bases de datos geográficas (GDB por sus siglas en inglés), para ello la Corporación hizo entrega de la GDB del proyecto POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, que incluye los datos e información mínima requerida para la elaboración de las salidas cartográficas y mapas en cada una de las fases del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. El modelo para la organización de la información espacial y tabular, donde la estructuración y acceso de la información se hace a partir de consultas, facilitando el acceso a la misma.

A continuación, se presenta la información, la estructura de la GDB, el diccionario de datos del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta y los listados de mapas y salidas cartográficas.

1. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

1.1. Fuentes De Información

Como fuentes de información se tuvo en primer lugar, la Corporación Autónoma Regional, Entidad que al inicio del Proyecto suministró la cartografía básica a escala 1:25.000, el modelo de datos geográficos, las imágenes de satélite, la GDB con la estructura temática del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta y el Modelo Digital de Elevación DEM (30m), paso seguido el Proyecto allegó otra información esencial como imágenes de satélite digitales (Landsat, ortomosaicos, Spot y los servicios de mapas Bing y Google Earth), Modelo Digital de Superficie (DSM 12.5m).

1.2. Hallazgos en la Cartografía Básica

Cabe recordar que la cartografía empleada en el proyecto corresponde a la suministrada por la interventoría y la Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG[1]), además que ella proviene del convenio realizado por el Fondo de Adaptación y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), por lo tanto es una cartografía oficial y su escala corresponde a 1:25.000. El objeto del convenio entre estas entidades era actualizar la cartografía de las cuencas en estudio y que cada proyecto contara con la cartografía apropiada para el estudio; de acuerdo con lo anterior se presenta a continuación un análisis de la información cartográfica suministrada y sus principales dolencias.

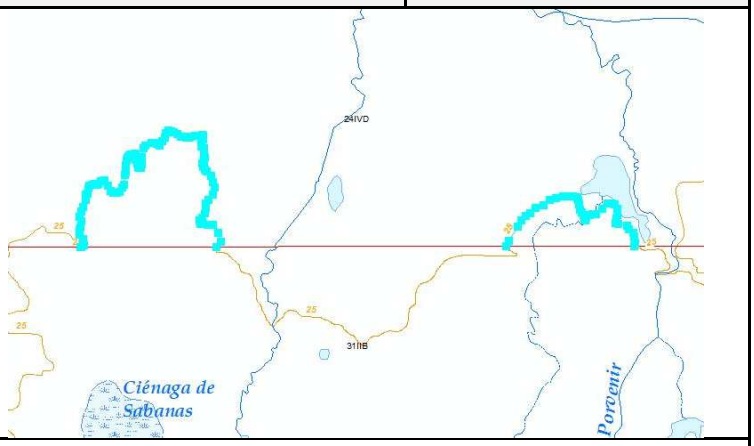
1.2.1. Geodatabase

La base cartográfica no incluyó en la temática de Entidades territoriales y unidades administrativas los límites entre departamentos, municipios ni veredas; no se actualizaron topónimos, no actualizaron algunos objetos de importancia estratégica y/o de impacto ambiental como lagunas de oxidación y aunque no corresponde a la cartografía básica pero resulta importante para algunos análisis, tampoco se contó con la capa predial.

El primer problema que se tuvo que enfrentar, fue la falta de empate de los objetos cartográficos dentro de la GDB, recordemos que fueron integradas todas las planchas (34 en total) en una sola GDB; se necesitaba que los objetos tipo línea y polígono de los temas relieve, superficies de agua y transporte terrestre estuvieran conectados entre sí y que hubiese unicidad entre ellos; la ausencia de lo anterior originó que se tuviera que realizar los siguientes procesos para cada objeto: conectar los objetos a unificar, validar los atributos (labor que tomó mucho tiempo) de cada objeto, lo que incluye determinar que sean el mismo objeto con iguales atributos, hecho que no siempre era lo encontrado y finalmente la unificación de los objetos involucrados; en la Tabla 1.1 se indica un ejemplo de la falta de empate entre objetos de diferentes planchas.

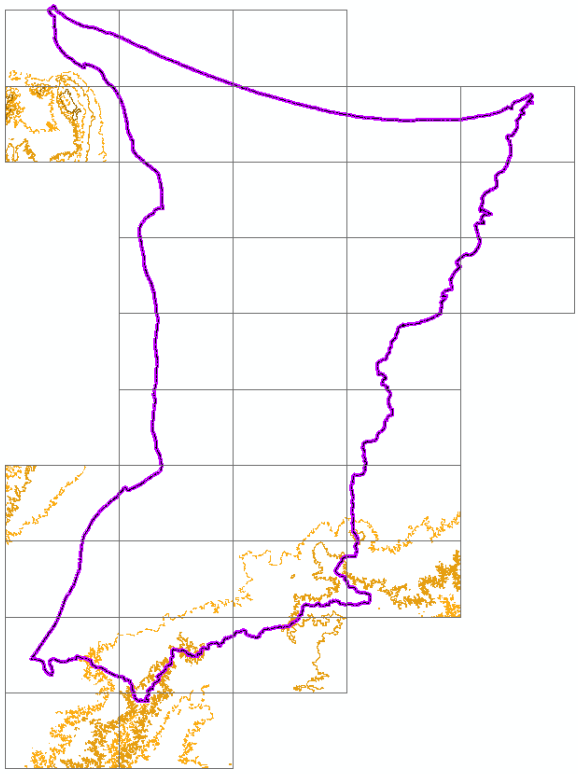
[1] Léase en adelante

Tabla 1.1. Ficha de evaluación de la cartografía base: No hay conexión entre objetos de diferentes planchas

ESTUDIO	POMCA Cuenca Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta	
Nombre del Tema	**Cartografía básica**	**Fecha: Abril /2016**
Esquema		
Formato	GDB	
Sistema de coordenadas	GCS_MAGNA	
Escala de Captura	1: 12.500	
Suministrado por	COORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL MAGDALENA-CORPAMAG INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI-IGAC	
Descripción	Los objetos entre dos planchas no están empatados.	

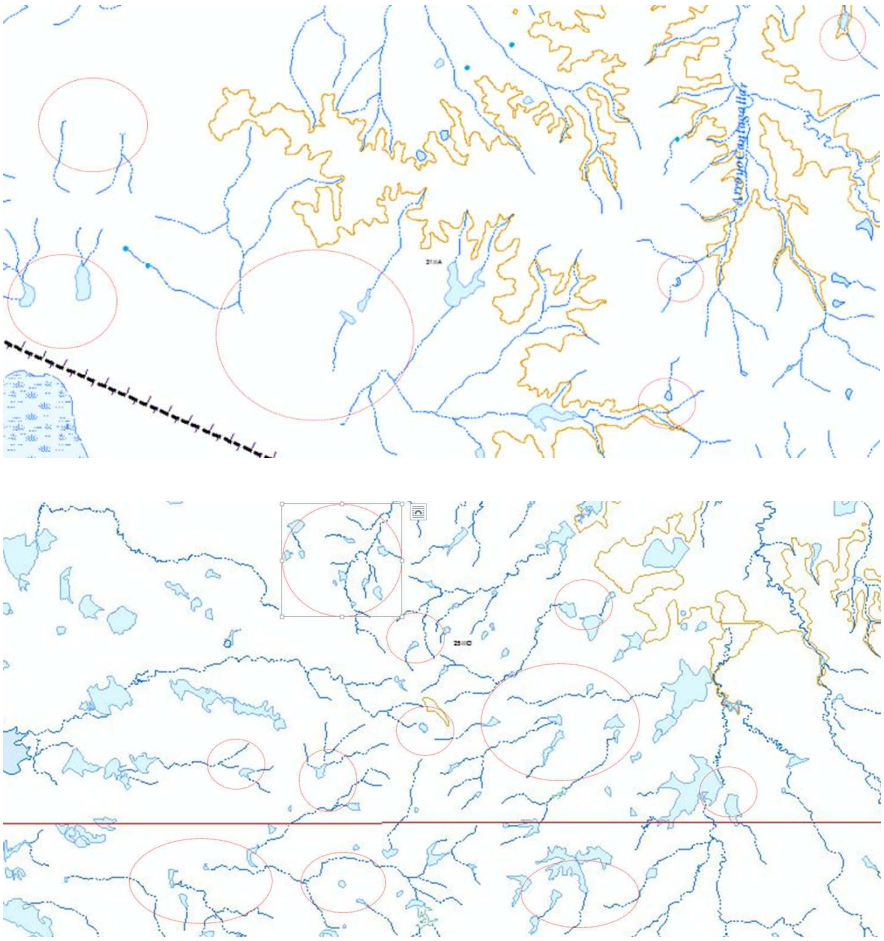
Otro aspecto de relevancia fue la ausencia de curvas de nivel con cotas poco separadas (solo se presentan cotas a 25, 50 y 75m); si bien la cartografía base a esta escala contempla cotas cada 25m (para todo el país), en la cuenca del complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, debía contarse con cotas de más detalle en la vertical (ver Tabla 1.2); lo anterior obliga a la construcción de un DEM a partir de los datos proporcionados y otras fuentes de información.

Tabla 1.2. Ficha de evaluación de cartografía base: deficiente cubrimiento de curvas de nivel

ESTUDIO	POMCA Cuenca Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta	
Nombre del Tema	**Cartografía básica**	**Fecha: Abril /2016**
Esquema		
Formato	GDB	
Sistema de coordenadas	GCS_MAGNA	
Escala de Captura	1: 780.000	
Suministrado por	CORPAMAG - IGAC	
Descripción	Para la cuenca se entregaron un total de 34 planchas, de las cuales apenas las planchas 25IIC, 31IIA, 31IIB, 32IA, 31IIC, 31IID contienen información topográfica y presentan inconsistencias debido a las superficies de esta zona.	
Observaciones	La cobertura de la cartografía base referente al relieve a escala 1:25000, cubre aproximadamente un 10% de la cuenca, considerando las superficies de agua de esta zona.	

Otra de las deficiencias de la cartografía para ejecutar el modelo hidrológico, es la falta de conexión entre objetos que permitan la salida o entrega en términos hidrológicos, como se puede observar en la ficha de la Tabla 1.3, algunos drenajes no conectan con otros cuerpos de agua, en otros muchos casos el drenaje conecta con una depresión (ciénaga, laguna, Jagüey, pantano u otros cuerpos de agua), pero no tiene salida, aun cuando se encuentre muy cerca de otros drenajes.

Tabla 1.3. Ficha de evaluación de cartografía base: Continuidad en drenajes

ESTUDIO	POMCA Cuenca Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta	
Nombre del Tema	**Cartografía básica**	**Fecha: Abril/2016**
Esquema		
Formato	GDB	
Sistema de	GCS_MAGNA	
Escala de Captura	1:20.000	
Suministrado por	CORPAMAG - IGAC	
Descripción	Las superficies de agua presentan gran cantidad errores de continuidad y errores topológicos de drenajes sencillos.	

Con lo anterior se evidencia la gran cantidad de ajustes que tuvieron que realizarse en la GDB, para corregirla y ponerla a punto para las necesidades en las diferentes temáticas del proyecto.

1.3. Definición de los Parámetros Geodésicos

El proyecto se organizó con el Sistema de Referencia Espacial MAGNA-SRIGAS origen Bogotá, el cual presenta los siguientes parámetros geodésicos:

Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 1000000,0
False_Northing: 1000000,0
Central_Meridian: -74,07750791666666
Scale_Factor: 1,0
Latitude_Of_Origin: 4,596200416666666
Linear Unit: Meter (1,0)

Geographic Coordinate System: GCS_MAGNA
Angular Unit: Degree (0,0174532925199433)
Prime Meridian: Greenwich (0,0)
Datum: D_MAGNA
Spheroid: GRS_1980
Semimajor Axis: 6378137,0
Semiminor Axis: 6356752,314140356
Inverse Flattening: 298,257222101

1.4. Estructura General de la Información

La GDB empleada para el proyecto no obedece a una modelo entidad – relación como formalmente es concebido un SIG; la GDB está diseñada principalmente para facilitar la consulta de los datos espaciales y guardarlos de forma segura, mas no hay en ella conexiones entre los *feature class* y los *feature dataset,* ni entre ellos mismos.

La información geográfica temática se incorpora a la GDB cumpliendo con los atributos y dominios requeridos. La GDB corresponde a una colección de datos organizados de tal manera que sirven para ser utilizados en aplicaciones de sistemas de información geográfica (SIG) y permiten el almacenamiento estructurado de la información. Para el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta se presentan tres GDB, una con la cartografía básica, otra con la información temática vectorial de cada uno de los componentes analizados y una tercera, con información temática *raster* generada. A continuación, se presenta la estructura de la GDB temática.

1.4.1. Estructura de la geodatabase

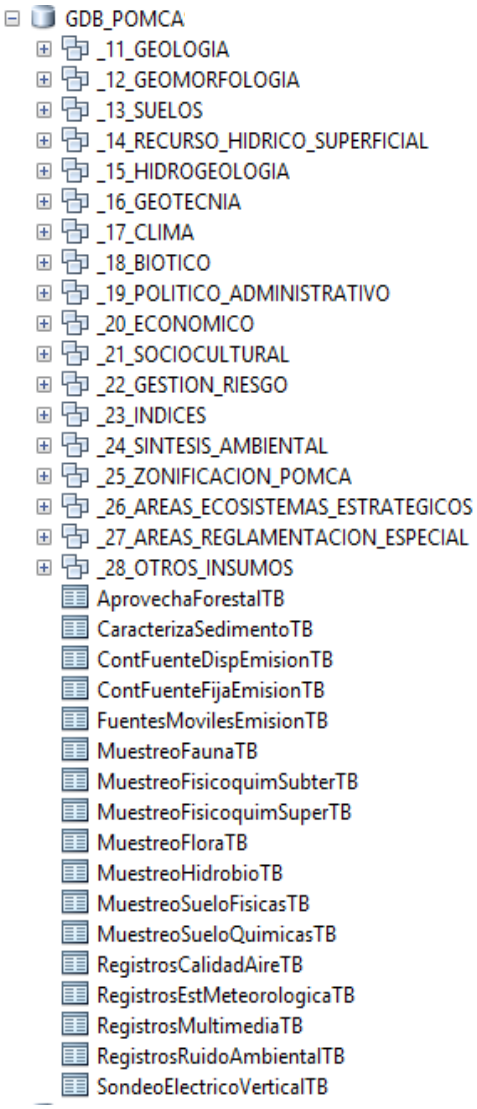
La GDB presenta en términos generales cinco tipos de estructuras de las cuales cuatro son utilizadas en esta GDB, ellas corresponden a *feature dataset, feature class*, *raster dataset* y tabla; a continuación, se detallan cada una de ellas.

1.4.1.1. *Feature dataset y tablas*

De acuerdo a la información temática se tienen *feature dataset* que agrupan capas vectoriales llamadas *feature class*. La geodatabase contempla 18 *dataset*, pero no todos son requeridos por el proyecto, caso concreto del *feature dataset* _16_GEOTECNIA, que no se diligencia por corresponder a otro tipo de proyectos. También a este nivel de la GDB hay otras estructuras como son las tablas

alfanuméricas que se encuentran incluidas en ella y el *raster dataset* que colecta información de tipo raster, pero por ser una estructura muy pesada en términos de bytes se ha utilizado una GDB adicional para su manipulación y respaldo; en la Figura 1.1 se presenta la estructura general de la GDB.

Figura 1.1. Feature dataset y tablas contenidas en la GDB



1.4.1.2. *Feature Class*

La *feature class* corresponde a una colección de objetos geográficos vectoriales que pueden ser puntos, líneas o polígonos contenidos en un *feature dataset*.

Para el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta se tiene que los *feature dataset* tienen en su conjunto un total de 150 *feature Class*, sin embargo, como sucede con los *feature dataset* no todos son diligenciados, se debe recordar que esta estructura de geodatabase fue tomada de la GDB utilizada por el ANLA[2] para el licenciamiento ambiental de proyectos de gran impacto como los minero energéticos, por lo que varias de las estructuras allí diseñadas no son utilizadas en el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

A continuación, se relaciona en la Figura 1.2 cada uno de los *feature dataset* con sus *feature class* contenidos, indicando el nombre y tipo de objeto vectorial que le corresponde. En la Figura 1.3 se encuentran listadas las tablas incorporadas en la GDB.

[2] Autoridad Nacional de Licencias Ambientales

Figura 1.2. Dataset con feature class contenido y su tipo de objeto vectorial

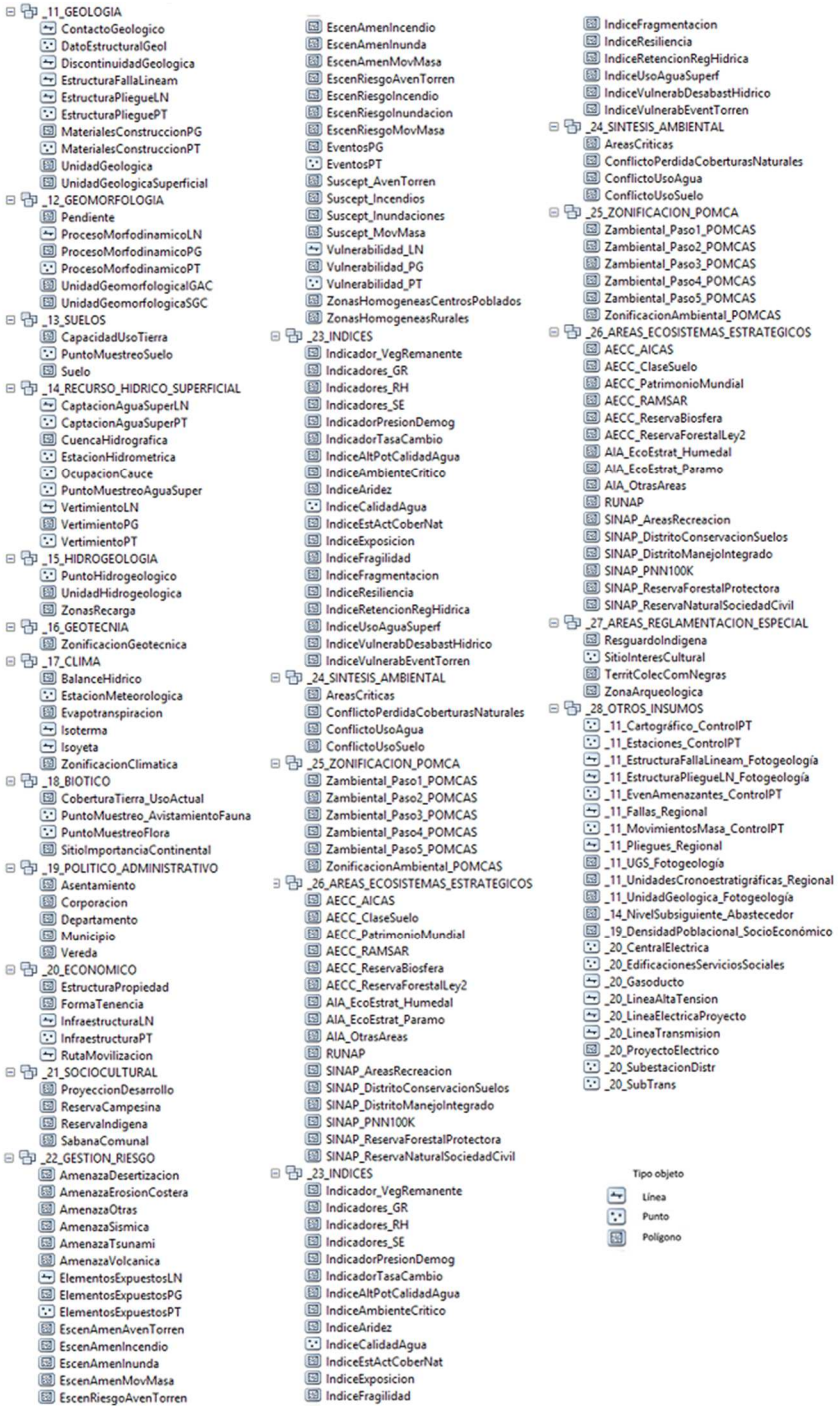
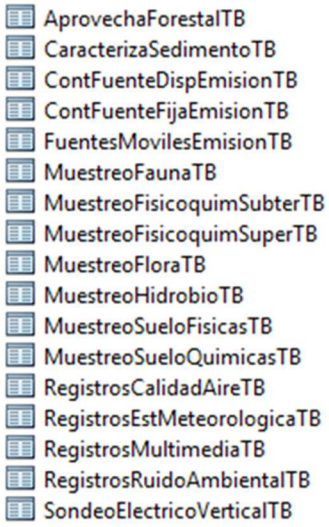


Figura 1.3. Listado de tablas contenidas en la GDB



1.5. Metadatos

Corresponde a la información que permite caracterizar las capas geográficas que componen el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, indicando el autor, la fecha, las restricciones de uso, el sistema de referencia, etc., para su complementación se solicitó a los expertos la siguiente información de las capas temáticas: etiquetas, propósito, descripción, créditos, título alternativo, procedimiento y fuentes de información.

1.6. Diccionario De Datos

En el Anexo se presentan las características y atributos de cada capa vectorial (*feature class*) y las tablas alfanuméricas.

1.7. Mapas y Salidas Cartográficas

1.7.1. Metodología

La elaboración de los productos cartográficos independientemente del tema, requirió ejecutar los siguientes pasos metodológicos, no obstante, luego de tener a punto la base cartográfica lo cual incluyó el límite de la cuenca.

Paso 1. Identificar las capas o temas necesarios tanto de la base cartográfica como de la temática para cada uno de los productos cartográficos.

Paso 2. Contar con la experticia del profesional a cargo del temático (solo él tiene los conocimientos y la responsabilidad respecto a la construcción de su tema de experticia) que incluye, proporcionar los procesos o procedimientos para la construcción del producto cartográfico y la definición de los atributos a considerar para la representación cartográfica del tema a cargo; esto último incluye la simbología y la respectiva leyenda.

Como paso final, con la información respectiva se procede con el equipo SIG a la elaboración del producto cartográfico (ya sea la salida cartográfica y/o el mapa).

1.7.2. Procesos y Procedimientos

El proceso general para la elaboración de los mapas y salidas cartográficas, inicia con la incorporación a la GDB de cada una de las capas que configuran los temas, posteriormente se representan con la simbología respectiva y finalmente se incorpora junto con la leyenda temática en la plantilla del mapa o el formato de la salida cartográfica (ver Figura 1.4).

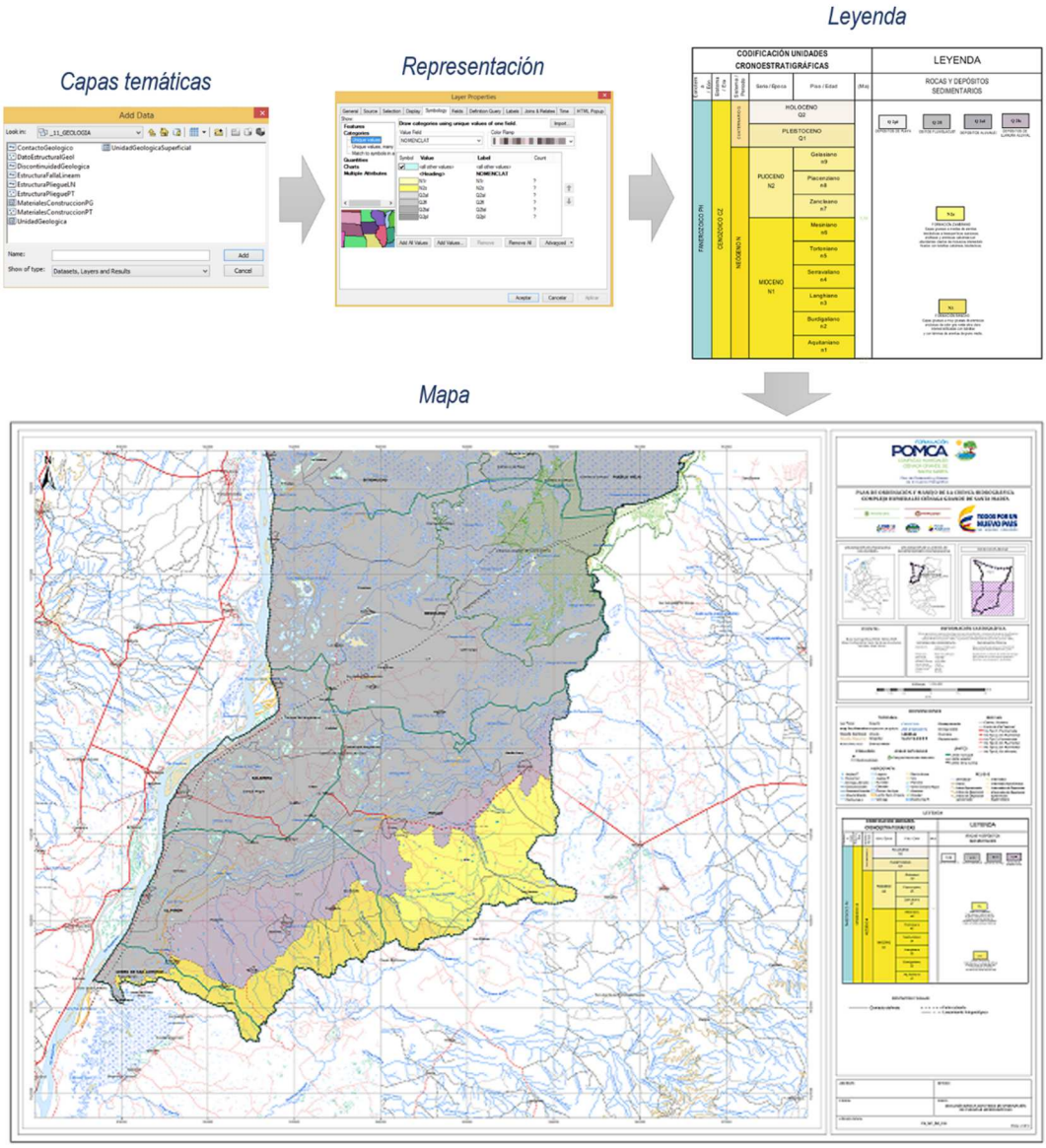
Como procesos y/o procedimientos específicos se presentan los necesarios para la elaboración de los 69 productos cartográficos (salidas cartográficas y mapas) que comprende esta fase del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. Para ello se han identificado procesos básicos, comunes, específicos e incluso donde no ha sido necesario el uso de un proceso SIG. A continuación, se presentan los procesos identificados y posteriormente se listan todos los productos cartográficos y se relacionan con los procesos identificados; dada la cantidad de productos que repiten procesos o procedimientos y en aras de no presentar volúmenes de hojas que repiten los procesos se ha sintetizado el documento. A continuación, se relacionan los procesos o procedimientos identificados:

1.7.2.1. *Sin proceso SIG (NA)*

Hay algunos productos cartográficos en los que su construcción no implica el uso de lo que formalmente se reconoce como un proceso SIG[3], puesto que solo se requiere la manipulación gráfica de una o varias capas. Ejemplo de estos productos son la plantilla o sello utilizado para conformar los mapas, otro ejemplo es la localización geográfica que solo requiere las capas que contienen los objetos (polígonos) como Colombia, los departamentos y los municipios junto con el límite de la cuenca; también se incluye en este grupo aquellos productos que utilizan un atributo (campo de la base de datos) para su expresión cartográfica, como el mapa social o el económico.

[3] Su elaboración se puede realizar en un entorno CAD y tiene los mismos resultados e incluso de menos complejidad y mejor presentación.

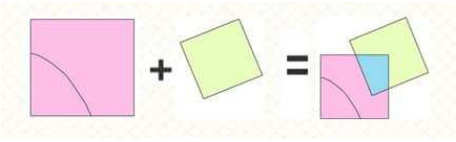
Figura 1.4. Esquema general del proceso cartográfico



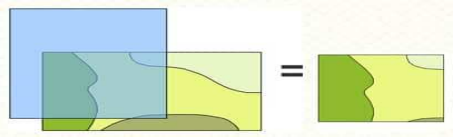
1.7.2.2. *Procesos Básicos (B)*

Son las herramientas de geoprocesamiento fundamentales del SIG para el tratamiento vectorial; aunque existen muchas herramientas, en general se fundamenta en seis procesos que son: Unión, Intersect, Clip, Merge, Dissolve y Buffer. De forma esquemática se presentan los efectos de su aplicación.

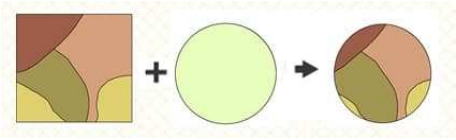
Union



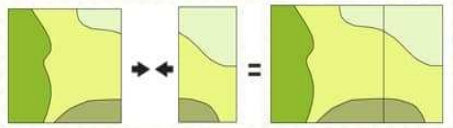
Intersect



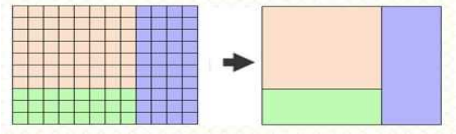
Clip



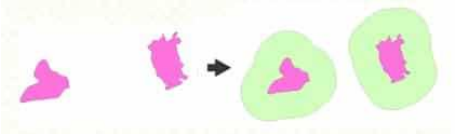
Merge



Dissolve



Buffer



Tomado de: https://geoinnova.org/cursos/como-utilizar-las-herramientas-de-geoprocesamiento-en-arcgis/?gclid=CjwKEAjw_uvHBRDUkumF0tLFp3cSJACAIHMYtWqpHFqBbqQ2tpQnyFgce-BOgXJmIqvVZu1AkS9yIRoCj7nw_wcB

Con estos geoprocesos básicos se han identificado los siguientes procedimientos:

1.7.2.2.1. *Proceso (B1)*
Utiliza la herramienta de geoprocesamiento ***Union***, para asociar de forma espacial dos o más capas temáticas junto con sus atributos; posteriormente para cada polígono creado se califican atributos propios de la nueva capa temática, teniendo en cuenta los atributos de las capas fuente y la experticia del autor de la capa.

1.7.2.2.2. *Proceso (B2)*
Utiliza la herramienta de geoprocesamiento ***Intersect***, para asociar cartográficamente dos capas temáticas junto con sus atributos, pero que solo se conserva en la capa de salida la intersección de los objetos que se cruzan espacialmente; posteriormente para cada polígono creado se califican atributos propios de la nueva capa temática, según los atributos de las capas fuente y la experticia del autor de la capa.

1.7.2.2.3. *Proceso (B3)*
Utiliza la herramienta de geoprocesamiento ***Clip***, para mantener los objetos de la capa de entrada, mientras que retira las áreas que se encuentran por fuera del área de la capa de corte (áreas de no interés); esta operación conserva en la capa de salida los atributos de la capa de entrada.

1.7.2.2.4. *Proceso (B4)*
Emplea la herramienta ***Dissolve***, la cual agrega polígonos vecinos de una misma capa, por un campo común que comparte los mismos atributos.

1.7.2.3. *Procedimientos Simples*
Son procesos SIG que utilizan otros geoprocesos diferentes a los básicos y que no tiene representan ningún grado de complejidad, pero que elementos o características del SIG como la base de datos o la edición cartográfica y se detallan a continuación:

1.7.2.3.1. *Interpretación (I)*
Este proceso consiste en el uso de la experticia del intérprete que sobre fotografías o imágenes de satélite presentadas en pantalla y acompañadas de la base cartográfica y/o el modelo del terreno (falso 3D); genera información temática que con apoyo de los recursos del SIG se sistematizan en capas de objetos ya sean puntos, líneas o polígonos para finalmente ser almacenados en bases de datos geográficas.

1.7.2.3.2. *Reclasificación (R)*
Proceso que utiliza la información contenida en uno o varios atributos de la capa fuente para luego reinterpretarla; posteriormente si es necesario se utiliza un ***Dissolve***, para generar la nueva capa y con trabajo de campo se realiza el ajuste final de la información a cartografiar.

1.7.2.3.3. *Transformación punto a línea o polígono (T)*
Comprende aquellos productos cartográficos basados en información puntual, que luego de un tratamiento geoestadístico se transforma en áreas de información. El tratamiento geoestadístico consiste en la aplicación de las herramientas de interpolación raster, las cuales utilizan métodos (modelos) determinísticos o de estadísticas geográficas según sea el caso. Estas herramientas pueden ser ***IDW***, ***Kriging***, ***Spline***, ***Natural Neighbor***, ***Topo to Raster***, en otras.

1.7.2.3.4. *Calculadora raster (C)*
Este proceso consiste en crear una nueva capa raster utilizando la calculadora raster (herramienta localizada en el ArcToolbox con la ruta: Spatial Analyst Tools\Map Algebra***Raster Calculator***).

1.7.2.3.5. *Densidad (D)*
Consiste en un proceso simple en el cual a partir de una capa con información lineal se calcula la densidad con la herramienta ***Line Density***.

1.7.2.4. *Procedimientos especiales o complejos (G)*
Son los procedimientos que utilizan varios procesos haciéndose complejos en su ejecución; este tipo de procedimiento resulta ser muy específico al producto cartográfico generado, un ejemplo de ello es la generación de las pendientes. En este documento estos procedimientos recibirán el nombre de Geoproceso.

A continuación, se listan los siguientes geoprocesos establecidos, los cuales se encuentran en el anexo de este documento:

1.7.2.4.1. *Geoproceso para la generación del DEM (G1)*
Este geoproceso fue presentado en el documento VOL.1. CARACTERIZACIÓN BÁSICA Y DEL SISTEMA FÍSICO BIOTICO, en el capítulo CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA CUENCA, bajo el numeral 1.1.2.2. Proceso metodológico para la construcción del DEM. Sin embargo, se hace su reproducción en este numeral para facilitar el manejo y la comprensión del lector.

El procedimiento consiste en los siguientes pasos a seguir:

- Utilizar el modelo digital de resolución más cercana a los requerimientos cartográficos (se requiere un tamaño de pixel entre 5 y 12.5m), para ello se utilizó el DSM de 12.5m.

- Identificar si existen en las capas pixeles sin valores (NoData); si los hay se debe proceder a su eliminación utilizando la función Focal Statistics de ArcGIS y con la ayuda de una máscara se procede a su eliminación, dejando intacta las demás áreas de pixeles.

- Identificar si existen valores negativos en el modelo; dado el caso deberán ser modificados dichos pixeles, la decisión del nuevo valor deberá estar apoyada en la base cartográfica existente e imágenes de mayor resolución.

- Emplear el módulo de análisis geoestadístico de ArcGIS, utilizando el método geoestadístico de Kriging, el cual es un interpolador, que en este caso suaviza la superficie de acuerdo a la cantidad de error medido, dado que no existe otra información para corregir el DEM solo entrará aldataset principal el DEM de 12.5m.

Finalmente, se exporta la interpolación con una resolución de 10m (DEM 10m); en las Figura 1.5 a Figura 1.7 se presenta para una misma área de la cuenca los diferentes modelos digitales de elevación y como se puede apreciar, entre ellos los dos primeros presentan imperfecciones sobre la superficie, además de otras anomalías, el DEM de la Figura 1.7 presenta correcciones sobre la superficie.

Adicional a lo anteriormente descrito, para el tema hidrológico se realizó una corrección al DEM, eliminando los llamados huecos o depresiones en donde no quedó el agua estancada, lo que permite el adecuado tránsito o movimiento del agua en la cuenca.

Figura 1.5. DEM con resolución de 30m

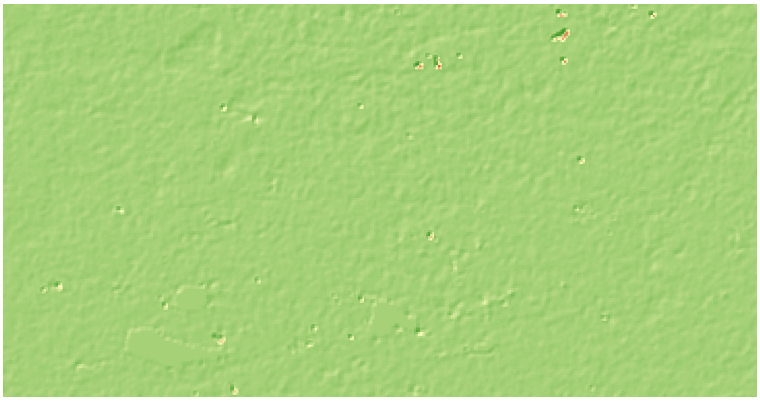


Figura 1.6. DSM con resolución de 12.5m



Figura 1.7. DEM con resolución de 10m, utilizando interpolador geoestadístico de Kriging



1.7.2.4.2. *Geoproceso para la generación de pendientes (G2)*

A continuación se describe el geo proceso para la generación de la capa de pendientes, no obstante es importante aclarar que en un mismo temático se derivan tres productos, el primero es el raster con el dato del gradiente de la pendiente en grados (producto intermedio usado en remoción en masa), el segundo es el raster en clases (producto intermedio utilizado en la clasificación del Servicio Geológico Colombiano) y el tercero es la capa de clases de pendientes en polígonos (producto final, utilizada en la clasificación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi). La capa de pendientes es uno de los principales insumos para la generación de la cartografía de suelos y geomorfología, además sirve como apoyo, para temas específicos como la erosión, incendios, gestión del riesgo y capacidad de uso de la tierra; en esta última, uno de los cinco componentes que limitan el uso es la pendiente. La pendiente es una limitante para la producción de las tierras, entre más plano menos limitante o lo contrario, por lo tanto, resulta fundamental su delimitación o conformación cartográfica, así mismo es insumo para algunos índices como el de desertificación.

1.7.2.5. *Condiciones para la delimitación cartográfica, (armonización y estandarización):*

En cuanto a la información se tiene en cuenta los siguientes aspectos generales:

- La base de datos geográfica presenta la información de cartografía básica capturada para escala 1:25000.
- Se debe contar con un modelo de elevación digital cuya resolución espacial sea menor o igual a 12.5m
- Se debe utilizar un algoritmo matemático que mejor asemeje las condiciones de relieve y pendiente del área de estudio.

Mientras que los aspectos específicos para la metodología IGAC son:

- El área mínima cartografiable será de 3 has y podrán ser conservadas áreas hasta un 20% menos, si pertenecen a las pendientes entre 0 y 3% o superiores a 75% (clases **a** o **g**); también se conservarán aquellas áreas menores provenientes de la base cartográfica como islas.
- Los polígonos generados deberán cumplir normas cartográficas en cuanto a su delimitación; lo cual significa que la línea deberá estar modelada.
- No se presentará información sobre pendiente del terreno en áreas como, cuerpos de agua y centros poblados, que se encuentren representados como polígonos en la base cartográfica 1:25.000.

En la siguiente tabla se incluyen las capas de información que serán la base del Geoproceso para la generación de Pendientes.

Tabla 1.4. Requerimientos de información para generar la capa de Pendiente del terreno.

Capa	Formato				Fuente
	Raster	Vector	Resolución	Geometría	
DEM	X		10 m.		POMCA
Drenajes dobles		X		Polígono	IGAC
Centros poblados		X		Polígono	POMCA
Límite de la cuenca		X		Polígono	POMCA

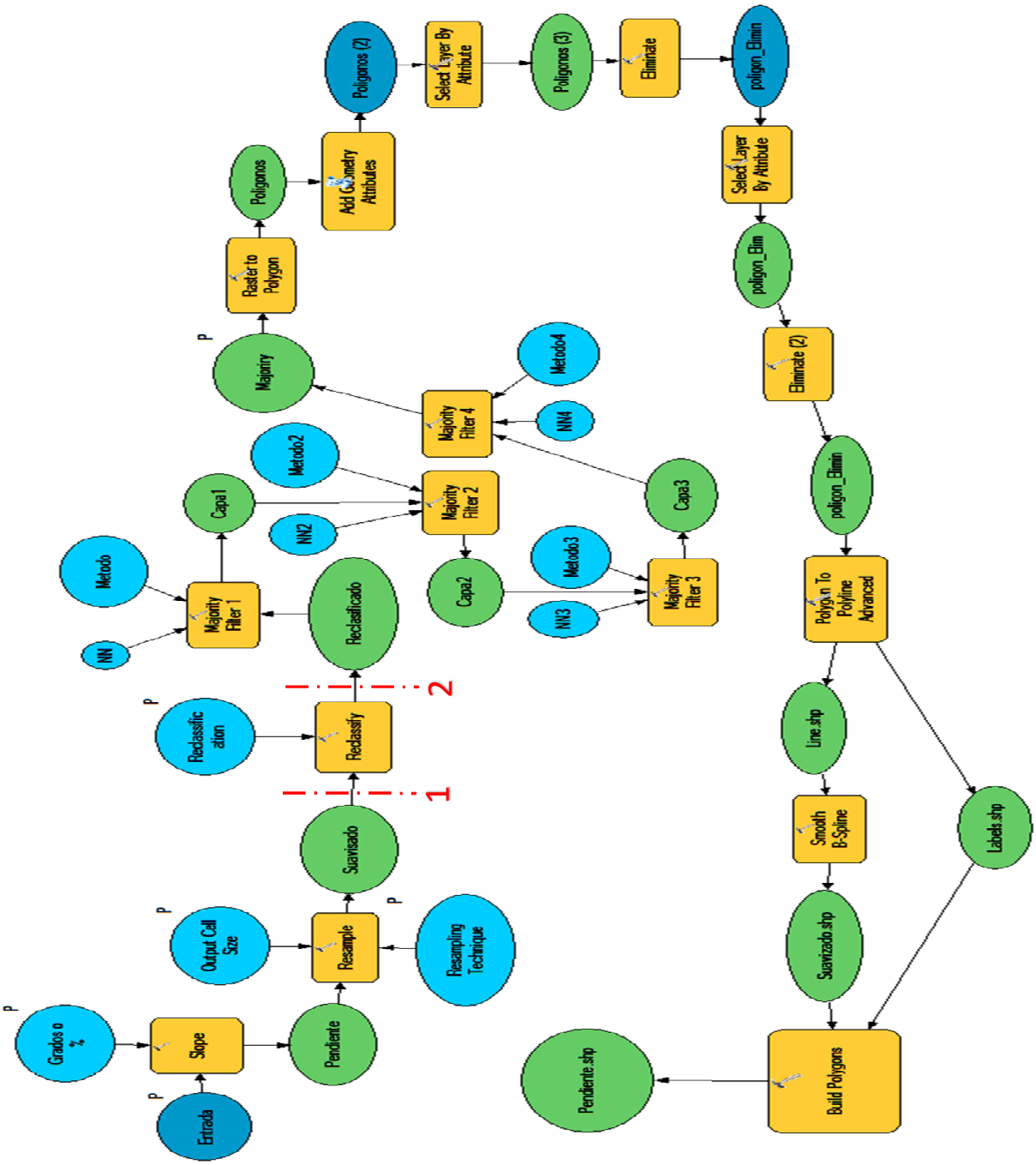
1.7.2.6. *Proceso estándar inicial:*

Como se mencionó anteriormente, se derivan tres productos en el tema de pendientes; en la Figura 1.8se presenta el modelo cartográfico utilizado y en ella se identifican con dos líneas en color rojo, los tres productos o etapas de elaboración; el primer producto que es el raster con los valores del gradiente de la pendiente, se obtiene en la etapa del modelo que culmina en la línea roja señalada con el número 1; el segundo producto, el cual corresponde al raster con los valores de clases de pendiente según la clasificación del SGC, se obtiene en la etapa que culmina con la línea roja señalada con el número 2; y finalmente, el producto tres que corresponde a la capa (en formato vector de polígonos) de pendientes expresadas en clases según la clasificación del IGAC corresponde al geo proceso adelantado a partir de la línea roja señalada con el número 2. Las clasificaciones utilizadas presentan ambas siete clases con intervalos de diferente amplitud, estas clases pueden ser visualizadas en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5. Clasificación de la pendiente según el Servicio Geológico Colombiano y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

SGC			SIMBOLO COLOR	IGAC		
Clase	Gradiente °	Interpretación		Clase	Gradiente %	Interpretación
1	0 - 5	Plana a suave		a	0 - 3	Plana a ligeramente plana
2	5 - 10	Inclinada		b	3 - 7	Ligeramente inclinada
3	10 - 15	Muy inclinada		c	7 - 12	Moderadamente inclinada
4	16 - 20	Abrupta		d	12 - 25	Fuertemente inclinada
5	21 - 30	Muy abrupta		e	25 - 50	Ligeramente escarpada
6	31 - 45	Escarpada		f	50 - 75	Moderadamente escarpada
7	>45	Muy Escarpada		g	>75	Fuertemente escarpada

Figura 1.8. Modelo del geo proceso para la generación de pendientes[4].



[4] Modelo cartográfico para la generación de pendientes.

1.7.2.7. *Recomendaciones Y Conclusiones*

- Se propone que se verifique la asertividad de los resultados al momento de calcular la pendiente del terreno con el algoritmo utilizado; ArcGis solo presenta una opción para derivar la pendiente del terreno, pero es conocido que existen al menos tres algoritmos matemáticos (método 4-Cell, método de Horn's y método Sharpnack & Akin's) por los cuales se puede estimar la pendiente, estos algoritmos corresponden a los trabajos presentados por: Fleming & Hoffer (1979), Zevenbergen & Thorne (1987) para el método 4-Cell, (Horn [1981], Burrough & McDonnell [1998]) para el método de Horn's y Sharpnack & Akin (1969), Evans (1979), Florinsky (1998b) para el método Sharpnack & Akin's. Cada uno de estos métodos arroja resultados diferentes y hace parte del trabajo de construcción de la capa la verificación en campo, ya que según el relieve uno de estos algoritmos se ajusta más a la realidad del terreno.
- Si se utiliza un modelo digital de elevación del terreno[5] generado desde un satélite, es conveniente procesar la capa (DEM) en un sistema de coordenadas geográficas, puesto que este simula mejor el terreno y la forma como se capturó la información al momento de la toma.
- Si el proceso se genera solo utilizando ***Slope*** como se hace comúnmente, la información no es detallada y puede que los datos no sean verídicos, por esta razón se realizan los filtros que se observan en la figura anterior.
- Ya que la capa será utilizada en productos cartográficos de escala 1:25.000 de detalle, se tiene que hacer una generalización y una eliminación de los polígonos menores a 3 Hectáreas, esto para facilitar la visualización de los mapas y limpiar la capa para posteriores procesos.
- La generalización manual es rutinaria por lo que se requiere un modelo, que automatice el proceso de unir las pendientes, dependiendo de su valor con el vecino más cercano.
- Se recomienda siempre convertir los polígonos a poli líneas antes de hacer el modelado y suavizado ya que si se hace directamente puede generar conflictos topológicos.
- La modelación de la línea borde de los polígonos resulta necesaria para elevar la calidad del producto cartográfico, el cual, si bien lo contempla el software ArcGis, la calidad cartográfica de la salida gráfica resulta deficiente para su presentación y manejo con otras temáticas.

1.7.2.7.1. *Geoproceso para la generación del tema riesgos (G4)*

El tema de riesgos es uno de los complejos en la construcción del Diagnóstico del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. En términos generales se deben identificar amenaza y vulnerabilidad para poder estimar los riesgos; a continuación, se presenta cada uno de los procedimientos con sus respectivos procesos que conforman el modelo SIG para determinar los riesgos.

Para el cálculo de cada una de las amenazas se debe contar con el cálculo de la susceptibilidad correspondiente; los siguientes procesos buscan proporcionar la susceptibilidad por incendios, inundaciones, movimientos en masa y avenidas torrenciales.

[5] Modelo digital de elevación del terreno o DEM

Figura 1.9. Susceptibilidad por incendios

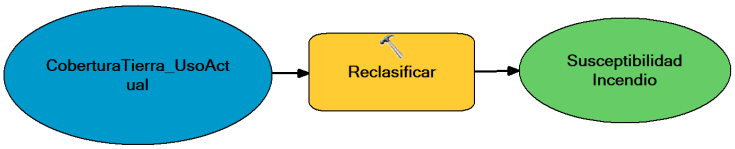


Figura 1.10. Susceptibilidad por inundaciones

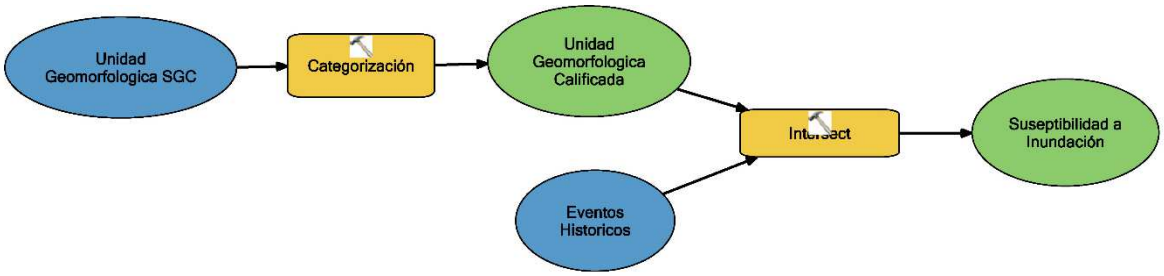


Figura 1.11. Susceptibilidad por avenidas torrenciales

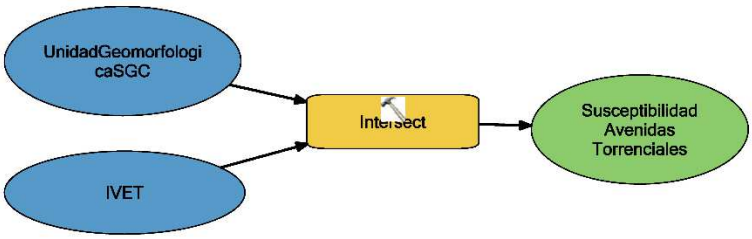
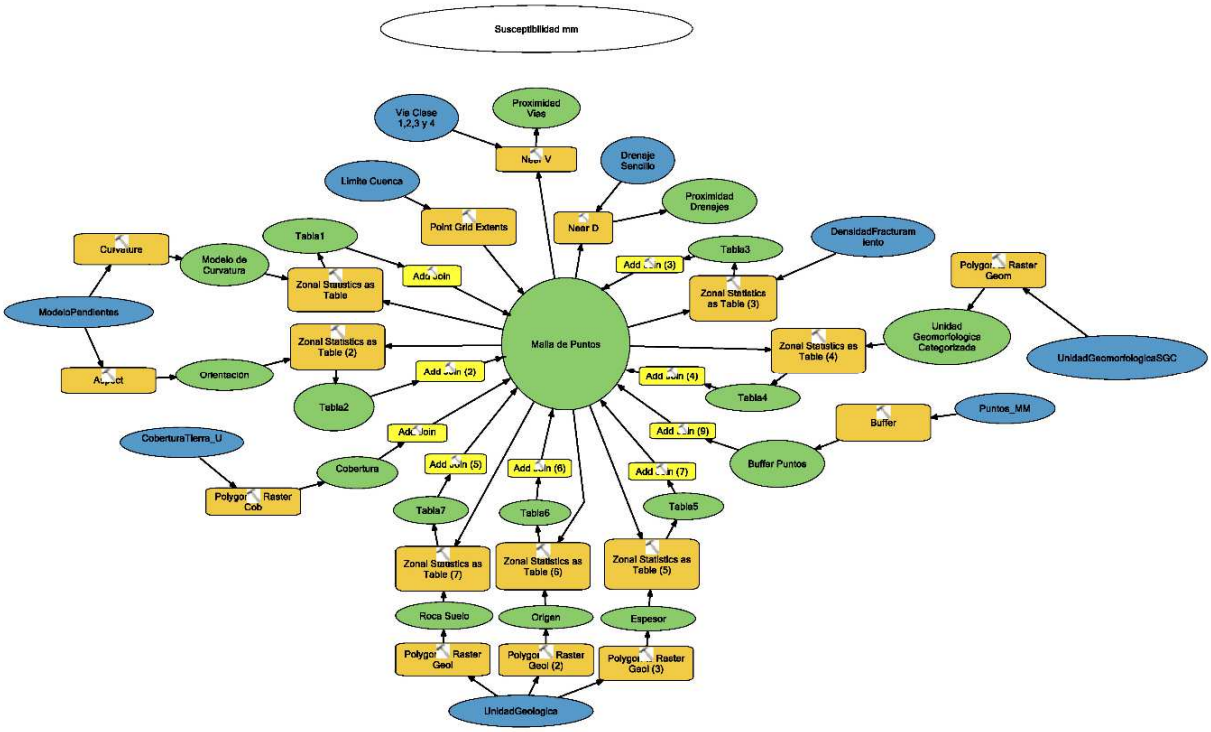


Figura 1.12. Susceptibilidad por movimientos en masa



Superados los anteriores procesos se procede a determinar las amenazas siguiendo los siguientes procedimientos. Para la amenazas por incendios ver la Figura 1.13, por inundaciones la Figura 1.14, por movimientos en masa la Figura 1.15 y finalmente por avenidas torrenciales la Figura 1.16.

Figura 1.13. Amenaza por incendios

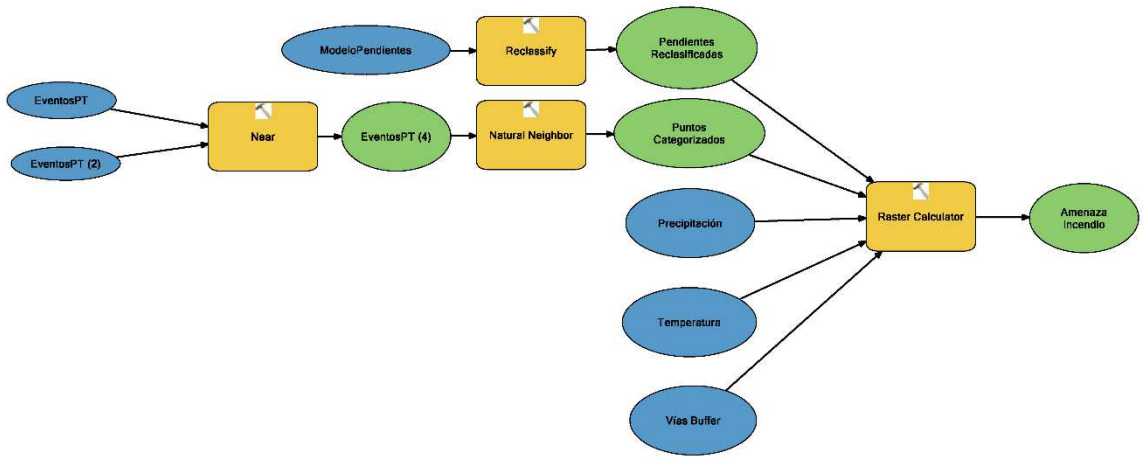


Figura 1.14. Amenaza por inundaciones

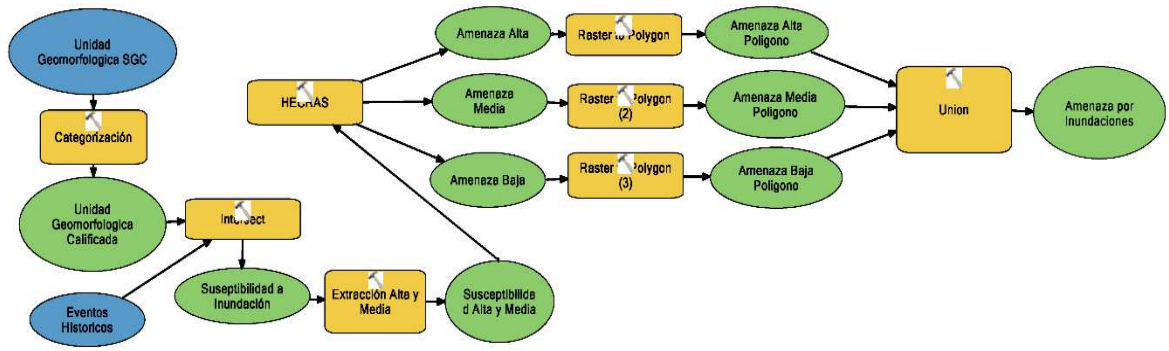


Figura 1.15. Amenaza por movimientos en masa

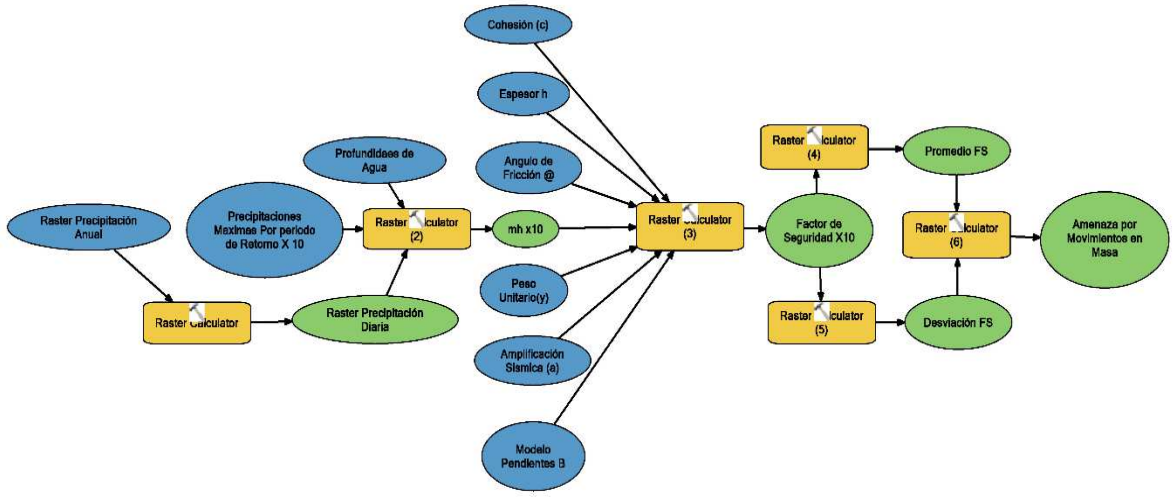
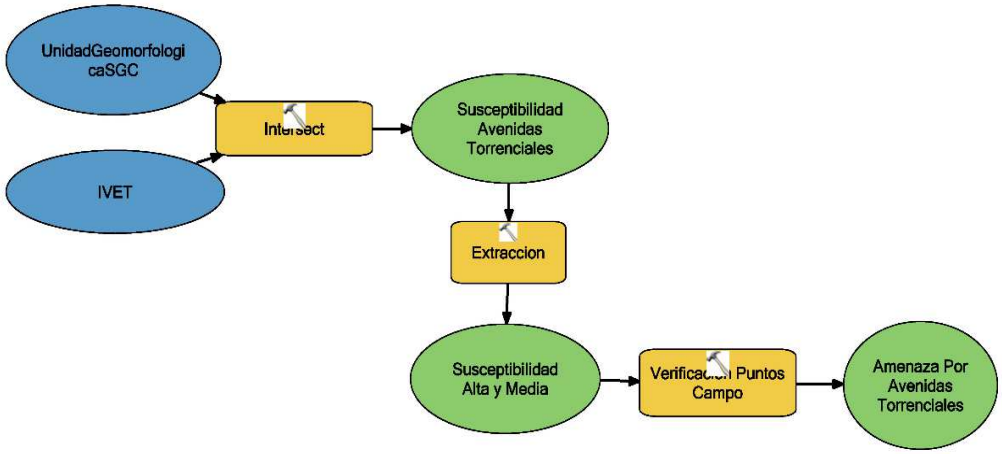


Figura 1.16. Amenaza por avenidas torrenciales



El siguiente es el procedimiento para la identificación de la vulnerabilidad, la cual se calcula a través del modelo de exposición (índice de pérdida), el análisis de fragilidad y el índice de falta de resiliencia.

Figura 1.17. Modelo de exposición

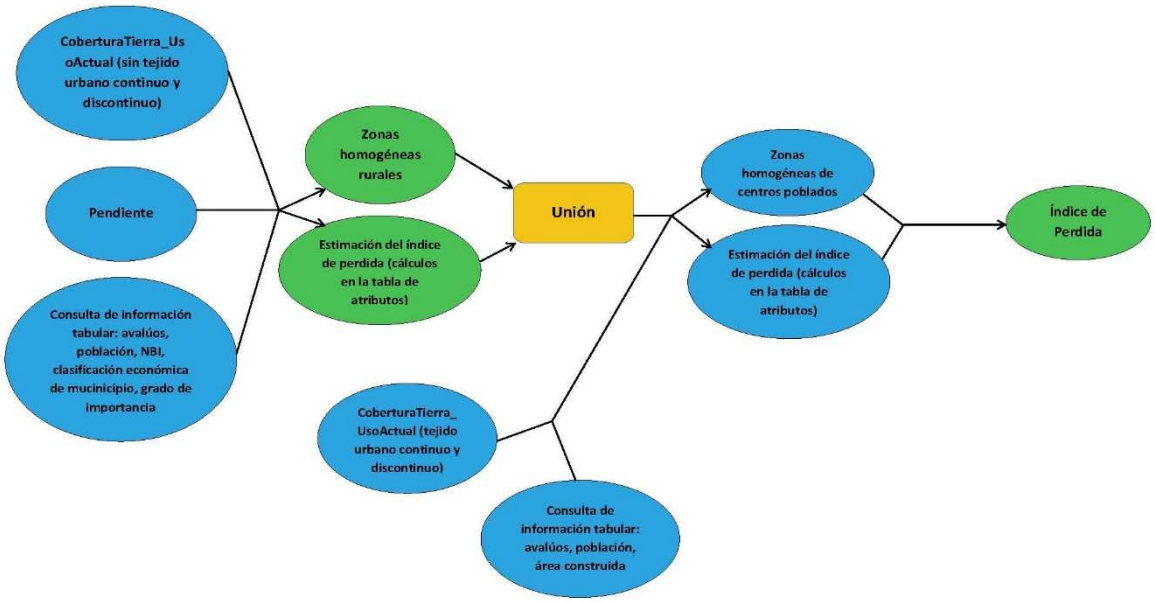


Figura 1.18. Análisis de fragilidad

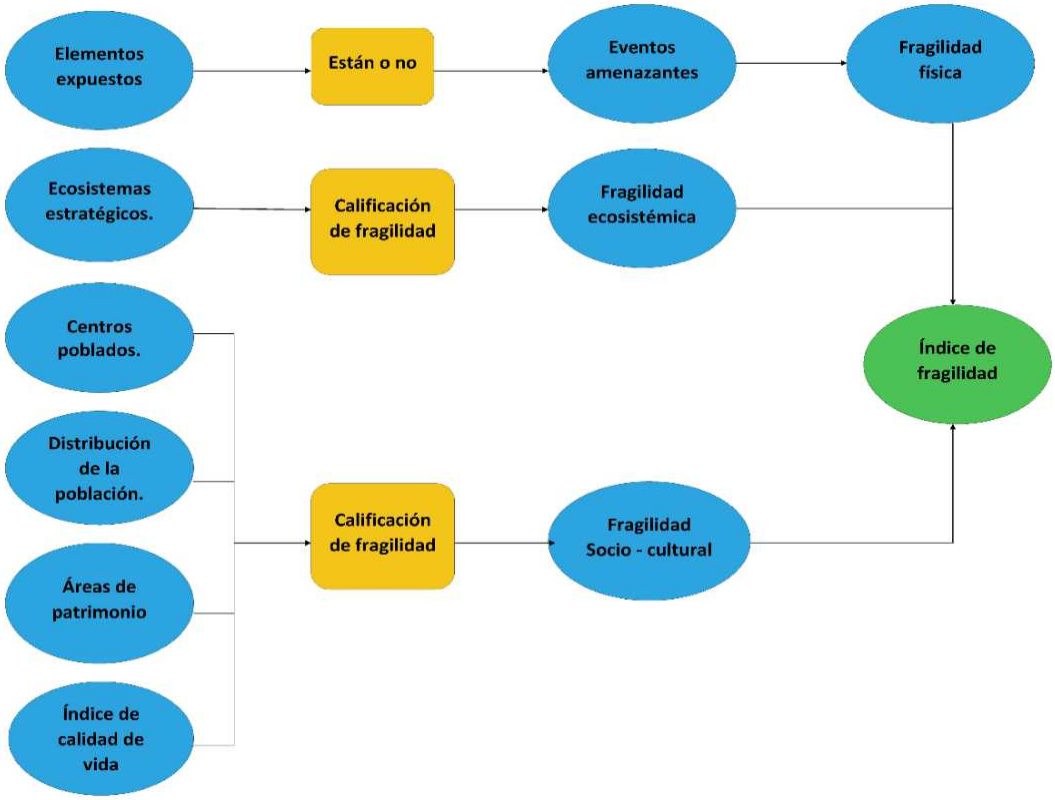
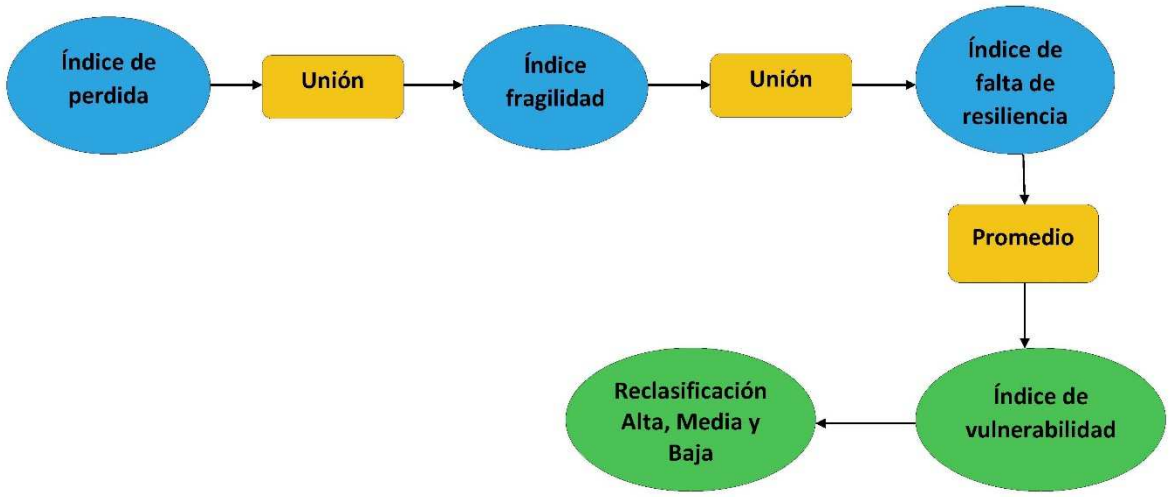
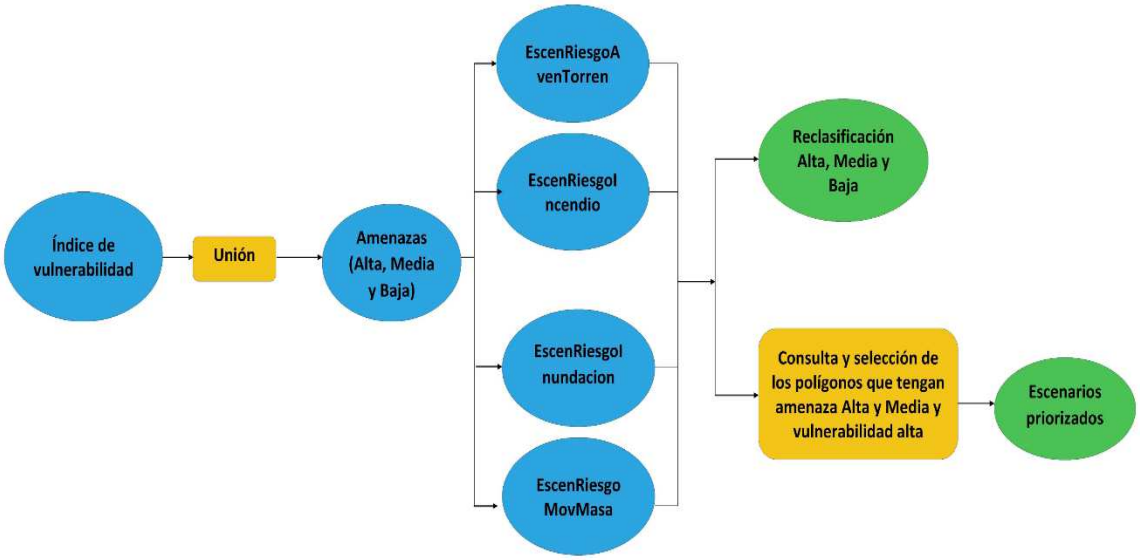


Figura 1.19. Vulnerabilidad



En este punto del geoproceso ya se tiene identificada la amenaza y la vulnerabilidad; por lo tanto, el último procedimiento permite estimar el riesgo partiendo de los dos productos anteriormente citados.

Figura 1.20. Escenarios de riesgo y escenarios priorizados



1.7.2.7.2. *Geoproceso para la generación de las Áreas Críticas (G3)*

El mapa de áreas críticas se elaboró teniendo en cuenta las unidades de capacidad de uso de la tierra y las coberturas de la tierra que presentan algún grado de erosión o que están degradadas por quemas, los conflictos por sobreutilización y subutilización severa del suelo, la intersección de las amenazas por inundación, incendios forestales, avenidas torrenciales y movimientos en masa, teniendo en cuenta únicamente el grado de amenaza alta, el mapa geomorfopedológico cuyas unidades de suelo tengan pendientes mayores al 50% o grado de erosión mayor o igual a la moderada, las zonas de asentamientos donde se presentan amenazas, las áreas con deficiente agua para los usos propuestos y las zonas donde se cruzan dos o más conflictos.

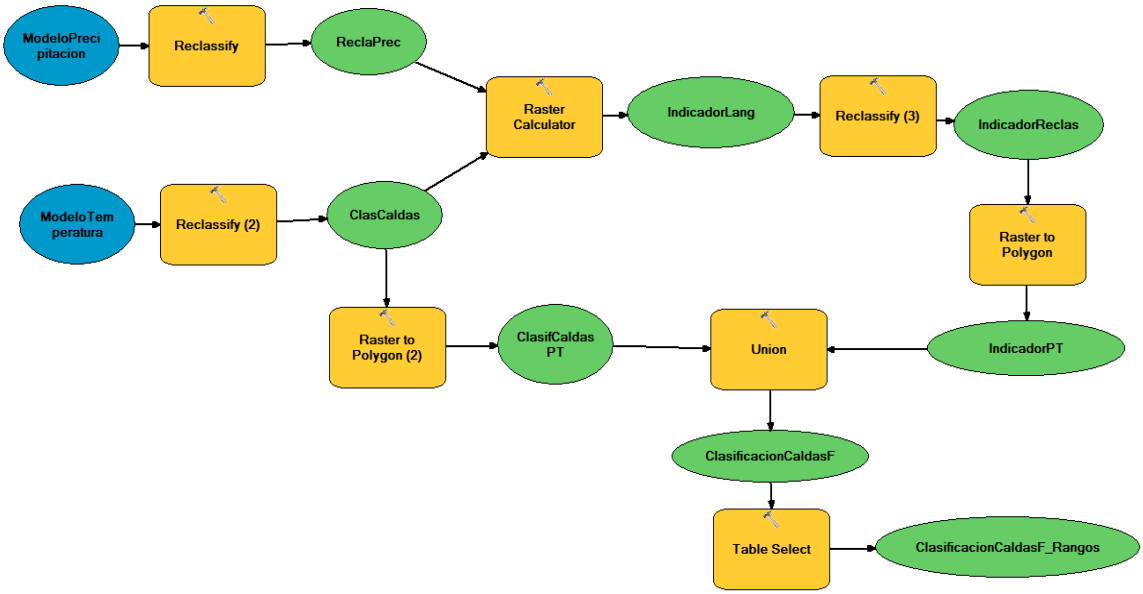
Figura 1.21. Geoproceso para la obtención de las Áreas Críticas



1.7.2.7.3. *Geoproceso para generación de la Zonificación climática (G5)*

Este geoprocesamiento utiliza como punto de partida las capas de información: modelo de precipitaciones y modelo de temperaturas, a las cuales se les aplica el geoproceso establecido en la siguiente figura.

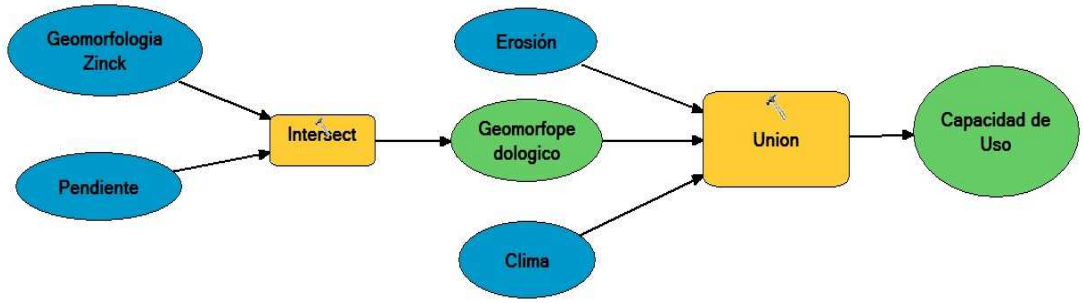
Figura 1.22. Zonificación Climática



1.7.2.7.4. *Geoproceso para la generación de la Capacidad de uso de la tierra (G6)*

Esta capa de información requirió de cuatro fuentes de información (Geomorfología para suelos, pendientes según IGAC, Erosión y Clima para suelos) para generar los polígonos base del trabajo de campo. Sin embargo, el proceso de calificación de la capacidad de uso se realizó por fuera del SIG. El geoprocesamiento utilizado para la generación se presenta en la siguiente figura.

Figura 1.23. Capacidad y uso de la tierra



1.7.3. Procedimiento para la generación de mapas y salidas cartografías

Cada mapa o salida cartográfica requiere de un proceso o un procedimiento para su elaboración como capa o capas; adicionalmente para su producción cartográfica se requieren capas temáticas o básicas; a continuación, se indica el geoproceso o procedimiento para su generación y la información que se incluyó en cada mapa o salida cartográfica, primero se presentan las salidas cartográficas y posteriormente los mapas todos con sus respectivos códigos:

1.7.3.1. *Salidas cartográficas*

- **1. Plantilla general** (salida cartográfica): Este producto no presenta ningún geoproceso en su elaboración, puesto que se limita netamente a un proceso de edición cartográfico.

- **2. Isoyetas** (salida cartográfica): para su elaboración se tuvo en cuenta lo siguiente: se tomaron los datos de precipitación mensual y anual multianuales de las estaciones meteorológicas aprobadas para el ejercicio; con ellos se utilizó el método IDW[6] (herramienta con el mismo nombre en ArcGIS) (ver el geoproceso *Transformación punto a línea o polígono*, **T**). El producto cartográfico está conformado por las capas de cauces principales, centros poblados, Modelo Digital del Terreno del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, isoyetas, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación.
- **3. Isotermas** (salida cartográfica): para su elaboración se tuvo en cuenta lo siguiente: Se estimó la temperatura con el modelo digital de elevación y el gradiente adiabático calculado para el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta; posteriormente se utilizó la herramienta ***Contour*** para extraer las isotermas y finalmente se suavizaron con la herramienta ***Smooth Line*** (ver geoproceso *Transformación punto a línea o polígono* **T**). Las capas para su conformación como producto cartográfico fueron: cauces principales, centros poblados, Modelo Digital del Terreno del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, isotermas, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación.
- **4. Evapotranspiración Potencial** (salida cartográfica): para su elaboración se tuvo en cuenta el siguiente proceso: se tomó la capa de temperatura generada para las isotermas y con el apoyo de la herramienta ***Raster Calculator*** se estimó utilizando el método de Thornwaite (ver geoproceso *Calculadora raster* **C**). Las capas usadas para el producto cartográfico fueron: cauces principales, centros poblados, Modelo Digital del Terreno del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, evapotranspiración potencial, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación.
- **5. Evapotranspiración Real** (salida cartográfica): para su elaboración se tuvo en cuenta lo siguiente: esta capa es el resultado del balance hídrico climático ejecutado con la herramienta ***Raster Calculator*** (ver geoproceso *Calculadora raster* **C**). Las capas utilizadas en la conformación del producto son cauces principales, centros poblados, Modelo Digital del Terreno del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta,

[6] IDW sigla del inglés que significa ponderación de distancia inversa.

evapotranspiración real, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación.

- **6. Balance hídrico de largo plazo en la red de drenaje principal** (salida cartográfica): Ppara su elaboración no se requirió de un geoproceso, solo se realizó el cálculo de un campo a partir de la información contenida en la misma capa (precipitación - evapotranspiración real). (Ver Sin proceso SIG **NA**). La siguiente información fue utilizada para construir el producto: cauces principales, centros poblados, Modelo Digital del Terreno del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, balance hídrico de largo plazo, red de drenaje principal y delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación.
- **7. Fotogeología para geología básica** (salida cartográfica): para su elaboración se tuvo en cuenta lo consignado en el geoproceso Interpretación (**I**) y para su elaboración como producto cartográfico se utilizó la siguiente información: cartografía base, unidades geológicas del mapa de geología regional, disposición de rocas y depósitos obtenidos a partir de la fotointerpretación y disposición de estructuras geológicas.
- **8. Fotogeología para Unidades Geológicas Superficiales** (salida cartográfica): para su elaboración se tuvo en cuenta lo consignado en el geoproceso Interpretación (**I**), mientras que para su elaboración se utilizaron las siguientes capas de información: cartografía base, unidades del mapa de geología básica, unidades básicas de rocas, depósitos y suelos de superficie.
- **9. Geológico – Geomorfológico** (salida cartográfica): Para la generación se utiliza el geoproceso B1 para asociar cartográficamente dos capas temáticas (Geología básica con fines de ordenación de cuencas hidrográficas y la Geomorfología con criterios geomorfogenéticos) junto con sus atributos; posteriormente para cada polígono creado se califican atributos propios de la nueva capa temática, según los atributos de las capas fuente y la experticia del autor de la capa. Paso seguido se georreferencian las estaciones de prospección geotécnica como elementos puntuales (puntos) con sus respectivas coordenadas asignando a la cobertura temática los códigos correspondientes en los atributos. Para la para su elaboración del producto cartográfico se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, unidades geológicas de superficie y subunidades geomorfológicas.
- **10. Pendientes clasificación SGC (Grados)** (salida cartográfica): La elaboración de esta capa de información requiere de un geoprocesamiento complejo que se consigna con detalle en el *Geoproceso para la elaboración de pendientes* (**G2**). Para su elaboración como producto se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, rangos de pendientes en grados y Modelo de Sombras generado a partir del Modelo Digital de Terreno elaborado para el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.
- **11. Pendientes clasificación IGAC (%)** (salida cartográfica): La elaboración de esta capa de información requiere de un geoprocesamiento complejo que se consigna con detalle en el *Geoproceso para la elaboración de pendientes* (**G2**). Para su elaboración como producto se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, rangos de pendientes en porcentaje con los criterios y categorías del IGAC y Modelo de Sombras generado a partir

del Modelo Digital de Terreno elaborado para el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

- **12. Caudales máximos mensuales y anuales** (salida cartográfica): para su elaboración no se requirió de un geoproceso, solo se tuvo en cuenta la capa donde se depositó la información como atributo (ver *Sin proceso SIG* **NA**). La siguiente información fue utilizada para construir el producto: cauces principales, centros poblados, Modelo Digital del Terreno elaborado para el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, caudales Máximos Anuales y Mensuales y delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación.
- **13. Caudales medios mensuales y anuales** (salida cartográfica): para su elaboración no se requirió de un geoproceso, solo se tuvo en cuenta la capa donde se depositó la información como atributo (ver Sin proceso SIG NA). La siguiente información fue utilizada para construir el producto: cauces principales, centros poblados, Modelo Digital del Terreno elaborado para el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, caudales Máximos Anuales y Mensuales y delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación.
- **14. Caudales mínimos mensuales y anuales** (salida cartográfica): para su elaboración no se requirió de un geoproceso, solo se tuvo en cuenta la capa donde se depositó la información como atributo (ver Sin proceso SIG NA). La siguiente información fue utilizada para construir el producto: cauces principales, centros poblados, Modelo Digital del Terreno elaborado para el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, caudales Máximos Anuales y Mensuales y delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación.
- **15. Rendimiento hídrico máximo anual y mensual** (salida cartográfica): Para su elaboración no se requirió de un geoproceso, solo se tuvo en cuenta la capa donde se depositó la información como atributo (ver Sin proceso SIG NA). Para la elaboración del producto se tuvo en cuenta la siguiente información: cauces principales, centros poblados, Modelo Digital del Terreno elaborado para el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, rendimiento hídrico máximo anual y mensual, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación.
- **16. Rendimiento hídrico medio anual y mensual** (salida cartográfica Para su elaboración no se requirió de un geoproceso, solo se tuvo en cuenta la capa donde se depositó la información como atributo (ver *Sin proceso SIG* **NA**). Para la elaboración del producto se tuvo en cuenta la siguiente información: cauces principales, centros poblados, Modelo Digital del Terreno elaborado para el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, rendimiento hídrico mínimo anual y mensual y delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación.
- **17. Rendimiento hídrico mínimo anual y mensual** (salida cartográfica): Para su elaboración no se requirió de un geoproceso, solo se tuvo en cuenta la capa donde se depositó la información como atributo (ver *Sin proceso SIG* **NA**). Para la elaboración del producto se tuvo en cuenta la siguiente información: cauces principales, centros poblados, Modelo Digital del Terreno elaborado para el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de

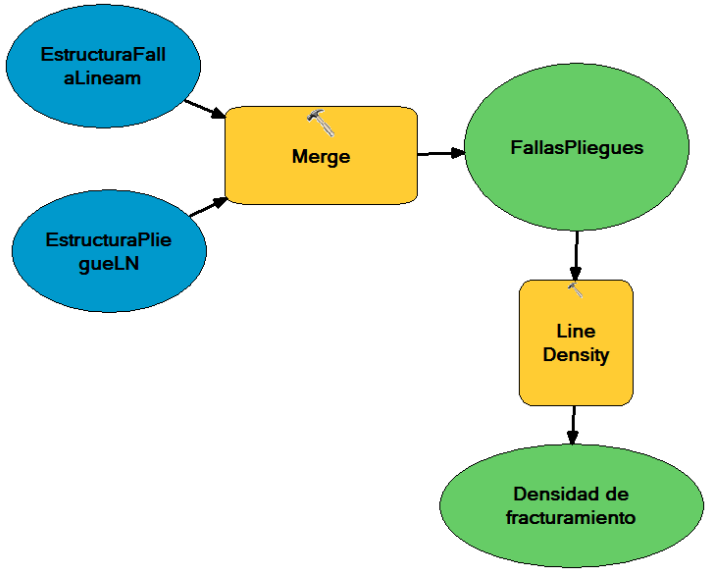
Santa Marta, rendimiento hídrico mínimo anual y mensual y delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación.

- **18. Demandas hídricas sectoriales** (salida cartográfica): Para su elaboración no se requirió de un geoproceso, solo se tuvo en cuenta la capa donde se depositó la información como atributo (ver *Sin proceso SIG* **NA**). Para la elaboración del producto se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, usos actuales de la tierra, demanda hídrica sectorial y delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación.
- **19. Demanda hídrica total** (salida cartográfica): Para su elaboración no se requirió de un geoproceso, en la capa de las demandas sectoriales se depositó la información en un atributo (demanda total), al cual se le calculó la suma de las demandas sectoriales (ver *Sin proceso SIG* **NA**). Para la elaboración del producto se tuvo en cuenta para su elaboración se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, demanda hídrica total y delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación.
- **20. Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)** (salida cartográfica): Su construcción no tuvo en cuenta geoprocesos (ver Sin proceso SIG **NA**), los cálculos de los atributos de esta capa se realizaron de forma externa al SIG. Para la elaboración de la cartografía se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base e Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL).
- **21. Fotointerpretación geomorfológica básica a nivel de unidades de terreno** (salida cartográfica): para su elaboración se tuvo en cuenta lo consignado en el geoproceso Interpretación (**I**). La siguiente información fue utilizada para elaborar el producto cartográfico: cartografía base, unidades de geología básica y subunidades geomorfológicas básicas a nivel de unidades de terreno.
- **22. Análisis multitemporal de coberturas naturales de la tierra** (salida cartográfica): la construcción de esta capa realiza una comparación entre dos estadios de cobertura (de años diferentes) para ello se utiliza el *Proceso B1* y con los atributos de las dos capas juntos los compara para saber si hubo cambio; finalmente, realiza un cálculo por tipo de cobertura para estimar la tasa de cambio. Para la elaboración de la cartografía se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, análisis multitemporal de las coberturas de la tierra a partir de la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, imagen de sensores remotos empleada para el desarrollo del análisis multitemporal y leyenda según lo establecido por la misma metodología.
- **23. Delimitación predial catastral de la cuenca** (salida cartográfica): para su elaboración no se tuvo en cuenta ningún geoproceso por parte del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, el responsable directo en su elaboración y entrega fue el IGAC. Para la elaboración del producto cartográfico se contó con la siguiente información: cartografía base, división predial catastral en la cuenca y división Político Administrativa.
- **24. Unidades funcionales de la cuenca** (salida cartográfica): Este tema no tuvo en cuenta geoprocesos (ver *Sin proceso SIG* **NA**). Para su elaboración como producto cartográfico tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, relaciones socioeconómicas al interior de la cuenca y con cuencas o territorios adyacentes, polos y ejes de desarrollo, relaciones socioeconómicas predominantes (empleo, servicios, recreación, negocios)y rutas de movilización de la población.

- **25. Localización de eventos recientes y afectaciones históricas en la cuenca** (salida cartográfica): Para la consolidación del inventario histórico de eventos amenazantes, se realizó la recopilación, análisis y georreferenciación de reportes e información secundaria, incluyendo como fuentes documentación, bases de datos, georreferenciación en recorridos de campo con actores estratégicos; esta capa no utilizó geoprocesos (ver Sin proceso SIG, NA). Para su elaboración como producto se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base y delimitación de los puntos o polígonos de afectación asociados a periodos de ocurrencia.
- **26. Densidad de fracturamiento** (salida cartográfica): para su elaboración se tuvo en cuenta la siguiente información: estructuras de falla-lineamientos y estructuras-pliegue y utilizando las herramientas ***Merge*** y ***Line Density*** permitieron la salida del producto. El producto está integrado de cartografía base y geología estructural referida a pliegues, fallas, fracturas, entre otros.

1.7.3.1.1. *Densidad de fracturamiento*

Figura 1.24. Geoproceso densidad de fracturamiento



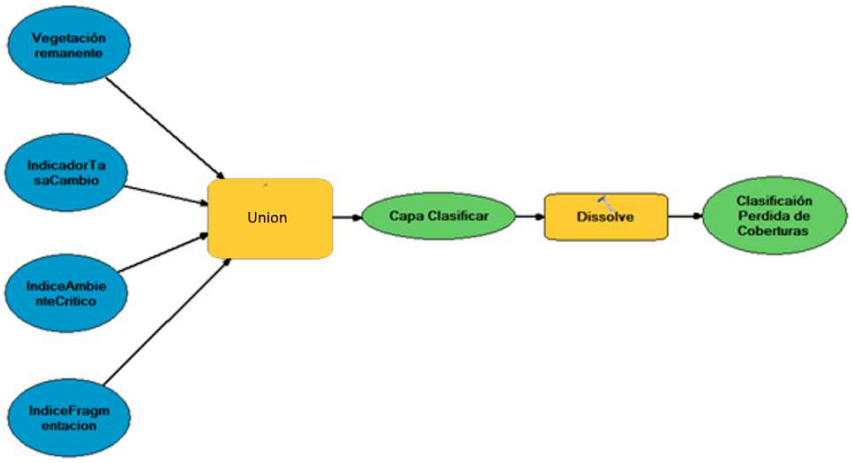
- **27. Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET)** (salida cartográfica): la construcción de esta capa siguió el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* (**G4**), el cual explica con detalle todo el procedimiento seguido en la temática de riesgos. Para la elaboración del producto cartográfico se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, Modelo Digital de Terreno del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, localización de la red hidrográfica, delimitación de subcuencas y niveles de potencialidad torrencial definidos por el IDEAM.
- **28. Eventos volcánicos, tsunamis, desertización, erosión costera u otros** (salida cartográfica): Este producto no tiene información asociada por cuanto no se encontraron

evidencias de su manifestación. Para su elaboración como salida cartográfica se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, infraestructura vital o estratégica (indispensable de acuerdo a la Ley 400 de 1997), unidades de coberturas de la tierra, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación y delimitación de las zonas de amenaza por cada uno de los eventos considerados.

- **29. Elementos expuestos en zonas de amenaza por: inundaciones, avenidas torrenciales, incendios forestales o de la cobertura vegetal y otro tipo de amenazas** (salida cartográfica): La construcción de esta capa siguió el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* (**G4**), el cual explica con detalle todo el procedimiento seguido en la temática de riesgos. En la elaboración de la salida cartográfica se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, infraestructura vital o estratégica (indispensable de acuerdo a la Ley 400 de 1997), unidades de coberturas de la tierra, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación y categorización del nivel de exposición o vulnerabilidad de los elementos identificados.
- **30. Localización de elementos expuestos en zonas de amenaza alta para los diferentes tipos de fenómenos evaluados en el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta u otros considerados** (salida cartográfica): La construcción de esta capa siguió el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* (**G4**), el cual explica con detalle todo el procedimiento seguido en la temática de riesgos. Para su elaboración como producto cartográfico se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, zonas de amenazas altas por movimientos en masa, usos actuales de la tierra y elementos expuestos en la zona de amenaza alta por movimientos en masa.
- **31. Indicador de porcentajes de niveles de amenaza (alta y media) para los fenómenos evaluados u otros considerados** (salida cartográfica): La construcción de esta capa siguió el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* (**G4**), el cual explica con detalle todo el procedimiento seguido en la temática de riesgos. la elaboración cartográfica tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, zonas de amenazas altas y medias por movimientos en masa y usos actuales de la tierra.
- **32. Localización de los escenarios de riesgo priorizados** (salida cartográfica): La construcción de esta capa siguió el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* (**G4**), el cual explica con detalle todo el procedimiento seguido en la temática de riesgos. Se utilizó la siguiente información: cartografía base, infraestructura vital o estratégica (indispensable de acuerdo a la Ley 400 de 1997), usos actuales de la tierra y localización geográfica de los escenarios de riesgo.
- **33. Conflictos por el uso del agua** (salida cartográfica): Para la construcción de esta capa se tuvo en cuenta los geoprocesos *Proceso B1* y *Reclasificación* (**R**); el cálculo parte de las capas índice de uso del agua (IUA) e índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL). En la cartografía se utiliza la capa de conflictos por el uso del agua y la cartografía base.
- **34. Conflictos por la pérdida de cobertura natural en áreas y ecosistemas estratégicos** (salida cartográfica): el procedimiento a seguir utiliza el *Proceso* **B1** y el proceso ***Reclasificación*** (**R**) que involucran las capas (índices) Vegetación remanente, tasa de cambio, ambiente crítico y Fragmentación; finalmente, se califican en cinco categorias desde conflicto muy bajo hasta muy alto.

1.7.3.1.2. *Conflictos por la pérdida de cobertura natural en áreas y ecosistemas estratégicos*

Figura 1.25. Geoproceso por la pérdida de cobertura natural en áreas y ecosistemas



La salida cartográfica tuvo en cuenta para su elaboración además de esta capa la base cartográfica.

- **35. Análisis de territorios funcionales** (salida cartográfica): Este tema no utiliza geoprocesos para su confección en ninguna de las cuatro capas (ver *Sin procesos SIG* **NA**). En la elaboración de la cartografía se tiene en cuenta la siguiente información: cartografía base, relaciones socioeconómicas predominantes en la cuenca, vínculos urbano - rurales y regionales al interior de la cuenca y polos, ejes de desarrollo e índice de oferta ecosistémica.
- **Modelo digital de terreno** (salida cartográfica): se encuentra incluido dentro de las salidas cartográficas, pero en realidad en un producto intermedio de gran relevancia para la generación de otras capas de información o de productos cartográficos; su elaboración se encuentra consignada con detalle en el *Geoproceso para la generación del DEM* (**G1**)

1.7.3.2. *Mapas*

- **1. Localización general de la cuenca** (mapa): Este producto no presenta ningún geoproceso para su elaboración (Sin proceso SIG NA), en su presentación se incluye la siguiente información: cartografía base, división político administrativa y localización de asentamientos urbanos presentes en la cuenca.
- **2. Zonificación climática** (mapa): para la elaboración de la capa temática se requirió del proceso metodológico que se detalla en el *Geoproceso para la generación de la Zonificación climática* ***G5*****.** Para su elaboración como producto se tuvo en cuenta la siguiente información: cauces principales, centros poblados, Modelo Digital del Terreno del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, zonificación climática, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación y localización de las estaciones meteorológicas utilizadas.

- **3. Índice de aridez** (mapa): para su elaboración se utilizaron los raster: ModeloPrecipitacion y ModeloTemperatura para el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, mediante los geoprocesos ***Raster Calculator*** (ver geoproceso **C**) y **Reclasificación** (ver geoproceso **R**) se obtiene como resultado la capa Índice de Aridez. Las capas empleadas en la elaboración del mapa son: cauces principales, centros poblados, Modelo Digital del Terreno del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, índice de aridez, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación y localización de las estaciones meteorológicas utilizadas.
- **4. Geología regional con fines de ordenación de cuencas hidrográficas** (mapa): para su elaboración se descargó la información del Mapa Geológico Colombiano en escala 1:1.000.000, disponible en la página del Servicio Geológico Colombiano en formato geodatabase, a partir de esta información se realizó un ***clip*** (ver proceso B3) de cada una de las entidades por el límite de la cuenca, y se incorporaron dentro la GDB del POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. Para la presentación del mapa se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, unidades crono y litoestratigráficas y geología estructural con sus respectivas leyendas.
- **5. Geología básica con fines de ordenación de cuencas hidrográficas** (mapa): para su elaboración se realizó un proceso de re-interpretación (ver proceso **I**) de las capas de Fotogeología complementando con información de diferentes fuentes temáticas y verificando los atributos de las capas con lo observado en visitas de campo. Para la elaboración del producto se utilizó la siguiente información: cartografía base, tipos de rocas y tipos de depósitos y disposiciones estructurales.
- **6. Geología para Ingeniería a escala intermedia o de Unidades Geológicas Superficiales –UGS** (mapa): para la conclusión de capa de Unidades Geológicas Superficiales se re interpreto (ver proceso **I**) la capa UGS_Fotogeologia y se realizó la validación de información en campo incorporando las características geomecánicas de los materiales. Para la elaboración del mapa se utilizó la siguiente información: cartografía base, unidades de rocas, depósitos y suelos con su caracterización físico-mecánica y disposiciones estructurales de los macizos rocosos.
- **7. Hidrogeología para fines de ordenación de cuencas hidrográficas** (mapa): para su elaboración no se requirió de ningún geoproceso, (Sin proceso SIG NA), para la realización de esta capa fueron tomados los polígonos de la capa de Unidades Geológicas del componente de Geología, y modificados de acuerdo a sus características Hidrogeológicas, agrupando las unidades sin interés para la explotación, y diferenciando por sus características hidrogeológicas a las unidades que presentaban algún potencial de utilización. Para la presentación del mapa se tomó la siguiente información: cartografía base, identificación de sistemas acuíferos georreferenciación de puntos de agua subterránea, usos y usuarios del recurso, puntos de descarga y leyenda.
- **8. Zonas de importancia hidrogeológica** (mapa): no se requirió de ningún geoproceso (Sin proceso SIG NA), para la elaboración de las zonas de importancia hidrogeológica se realizó un análisis multicapa, incluyendo: zonas de recarga, perímetros de protección de pozos de abastecimiento, y las zonas identificadas como vulnerables (calificadas por

el método DRASTIC). Para la para su elaboración del producto cartográfico se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, zonas de recarga, humedales, perímetros de protección de pozos de abastecimiento humano, y las zonas con vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos y leyenda.

- **9. Hidrografía** (mapa): para su elaboración no se requirió de ningún geoproceso (Sin proceso SIG NA), se requirieron ajustes a las superficies de agua con el apoyo de diferentes fuentes de información como imágenes satelitales y curvas de nivel. Las capas para la construcción de producto son: cartografía base, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación y la red hidrográfica en la cuenca.
- **10. Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)** (mapa): para su elaboración no se requirió de ningún geoproceso (*Sin proceso SIG* NA), para su elaboración se consignaron los valores obtenidos desde las curvas de caudales generadas en el componente hidrológico dentro de los campos de la capa. Para la presentación del producto se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, índice de retención y regulación hídrica, red hidrometeorológica, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación.
- **11. Índice de Uso del Agua (IUA)** (mapa): para su elaboración no se requirió de ningún geoproceso (*Sin proceso SIG* NA), para su elaboración se consignaron los valores calculados para cada subcuenca desde la oferta y la demanda hídrica y los rangos determinados. La siguiente información fue utilizada para la elaboración del producto cartográfico: cartografía base, Índice de uso del agua, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación.
- **12. Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico (IVH)** (mapa): para su elaboración no se requirió de ningún geoproceso (Sin proceso SIG NA), para su elaboración se consignaron en la capa a nivel de subcuenca los valores obtenidos del análisis de la matriz de relación entre el IRH y el IUA. Para la elaboración del mapa se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico, captaciones sectoriales, ocupación de cauces en las fuentes de agua del área de interés, red hidrometeorológica y delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación.
- **13. Índice de Calidad de Agua (ICA)** (mapa): para su elaboración no se requirió de ningún geoproceso (*Sin proceso SIG* NA), se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, Índice de Calidad de Agua (ICA), fuentes de contaminación, puntos de monitoreo de aguas presentes en la cuenca para la realización del producto.
- **14. Geomorfología con criterios edafológicos (Zinck, 1989)** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta lo consignado en el geoproceso *Interpretación* (**I**). Para la elaboración del producto cartográfico se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, unidades geomorfológicas siguiendo la metodología del Zinck para suelos y su respectiva leyenda.
- **15. Geomorfología con criterios geomorfogenéticos (Carvajal, 2012; SGC, 2012)** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta lo consignado en el geoproceso *Interpretación* (**I**). La siguiente información se tuvo en cuenta: cartografía base,

unidades geomorfológicas siguiendo la metodología del SGC, procesos morfodinámicos y sus respectivas leyendas.

- **16. Capacidad de uso de la tierra con fines de ordenación de cuencas** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, unidades con la determinación de la capacidad de uso de las tierras (clases agrológicas) y leyenda siguiendo los lineamientos del IGAC para Capacidad de Uso de la Tierra, para llegar a la capa temática final se requirió el *Geoproceso para la generación de la capacidad de uso de las tierras* **G6.**
- **17. Cobertura y usos actuales de la tierra** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta lo consignado en el geoproceso *Interpretación* **(I)** además se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, coberturas actuales de la tierra y leyenda de coberturas según la metodología de Corine Land Cover adaptada para Colombia.
- **18. Áreas y ecosistemas estratégicos** (mapa): Para su elaboración no se realizo ningún geoproceso, (ver geoproceso **NA**) ya que el mapa consistía en una superposición de capas, se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, capas del SINAP, CAS, POT, Capacidad de uso subclases 8 y 5hs, bosques, cuerpos de agua de la base cartográfica en la cuenca y leyenda de Áreas y Ecosistemas Estratégicos. Esta capa no utilizó ningún proceso SIG.
- **19. Social** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta el siguiente geoproceso: este producto no utilizó ningún geoproceso (ver geoproceso **NA**); para su elaboración se utilizó la siguiente información: cartografía base, división político-administrativa (límite departamental, límite municipal, corregimiento, límite veredal, límite área urbana, límite área rural, centros urbanos y centros poblados), densidad poblacional y localización de la infraestructura básica de servicios al nivel de detalle de trabajo.
- **20. Cultural** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta la siguiente geoproceso: este producto no utilizó ningún geoproceso (ver geoproceso **NA**), se utilizó el GPS para la colección de la información en campo; para la construcción del producto se utilizó la siguiente información: cartografía base, división político-administrativa (límite departamental, límite municipal, corregimiento, límite veredal, límite área urbana, límite área rural, centros urbanos, centros poblados), localización de grupos étnicos, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y zonas de hallazgos arqueológicos y sitios de interés cultural.
- **21. Económico** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta el siguiente geoproceso: Ver geoproceso *Reclasificación* **R**; para la construcción del producto cartográfico se utilizó información: cartografía base, división político-administrativa (límite departamental, límite municipal, corregimiento, límite veredal, límite área urbana, límite área rural, centros poblados), macroproyectos futuros en la cuenca y usos actuales de la tierra.
- **22. Susceptibilidad a movimientos en masa** (mapa): Para su elaboración se tuvo en cuenta el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* (**G4**) y la siguiente información: cartografía base, infraestructura vital o estratégica (indispensable de acuerdo a la Ley 400 de 1997) y delimitación de las zonas susceptibles a movimientos en masa.

- **23. Amenaza por movimientos en masa en las áreas críticas de la cuenca** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* (**G4**) y la siguiente información: cartografía base, Infraestructura vital o estratégica (indispensable de acuerdo a la Ley 400 de 1997) y delimitación de amenazas a movimientos en masa.
- **24. Susceptibilidad por inundaciones** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* (**G4**) y la información cartografía base, infraestructura vital o estratégica (indispensable de acuerdo a la Ley 400 de 1997), unidades de coberturas de la tierra, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación y delimitación de las zonas susceptibles a inundaciones.
- **25. Amenaza por inundaciones en las zonas priorizadas** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* (**G4**) y la siguiente información: cartografía base, infraestructura vital o estratégica (indispensable de acuerdo a la Ley 400 de 1997), unidades de coberturas de la tierra , delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación y delimitación de las zonas de amenaza por inundaciones.
- **26. Susceptibilidad por avenidas torrenciales** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* **(G4)** y la siguiente información: cartografía base, infraestructura vital o estratégica (indispensable de acuerdo a la Ley 400 de 1997), unidades de coberturas de la tierra, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación y delimitación de las zonas susceptibles a avenidas torrenciales.
- **27. Amenaza por avenidas torrenciales en las zonas priorizadas** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* **(G4)** y la siguiente información: cartografía base, infraestructura vital o estratégica (indispensable de acuerdo a la Ley 400 de 1997), unidades de coberturas de la tierra, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación y delimitación de las zonas de amenazas por avenidas torrenciales en las áreas críticas.
- **28. Susceptibilidad por incendios forestales o de la cobertura vegetal** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* **(G4)** y la siguiente información: cartografía base, infraestructura vital o estratégica (indispensable de acuerdo a la Ley 400 de 1997), unidades de coberturas de la tierra, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación, delimitación de las zonas susceptibles a incendios forestales o de la cobertura vegetal.
- **29. Amenazas por incendios forestales o de la cobertura vegetal** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* **(G4)** y la siguiente información: cartografía base, infraestructura vital o estratégica (indispensable de acuerdo a la Ley 400 de 1997), unidades de coberturas de la tierra, delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación y delimitación de las zonas de amenaza por incendios forestales o de la cobertura vegetal.
- **30. Índices de vulnerabilidad ambiental para las zonas críticas** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos*

(G4) la siguiente información: cartografía base , infraestructura vital o estratégica (indispensable de acuerdo a la Ley 400 de 1997), índices de vulnerabilidad de las unidades de cobertura cartografiadas en la cuenca de acuerdo a métodos pre-establecidos.

- **31. Indicadores de riesgo por movimientos en masa** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta el *Geoproceso para la generación del tema de riesgos* **(G4)** la siguiente información: cartografía base, infraestructura vital o estratégica (indispensable de acuerdo a la Ley 400 de 1997), indicadores de riesgo implícito e indicadores de riesgo económico. Se tomaron los polígonos calificados con riesgo alto en la capa de escenarios de riesgo por movimientos en masa.
- **32. Conflictos de uso de la tierra** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta el geoproceso **(B2)** la siguiente información: cartografía base y capa cartográfica resultante del análisis espacial entre los usos propuestos por capacidad de uso y los usos actuales de la tierra.
- **33. Áreas críticas** (mapa): para su elaboración se tuvo en cuenta el siguiente procedimiento: ver el *Geoproceso para la generación de las Áreas críticas* G3; para su elaboración como producto se tuvo en cuenta la siguiente información: cartografía base, coberturas naturales de la tierra y la priorización y localización de los principales problemas de suelos, componente hídrico, ecosistemas estratégicos y las amenazas altas.

1.7.4. Plantillas y formatos

Se definieron plantillas para los mapas a diferentes escalas 1:25.000, 1:50.000 y 1:100.000, los cuales fueron aprobados por la Interventoría del proyecto. En los Anexos se presentan las plantillas generadas y los formatos de las salidas cartográficas.

1.7.5. Salidas cartográficas

Las salidas cartográficas corresponden a una representación adimensional sin referirse a una escala determinada, es decir que no tiene las rigurosidades técnicas de un mapa, para su construcción en algunos casos, la información temática requiere una escala de producción. En el proyecto POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta para su fase de diagnóstico se realizaron 34 salidas cartográficas las cuales se encuentran listadas en la Tabla 1.6.

1.7.6. Mapas

El mapa es una representación gráfica de la realidad que contiene los elementos geográficos, información marginal (título, fecha de elaboración, entidad), figura con el Norte, escala gráfica, escala numérica, grilla, sistema de coordenadas y proyección, leyenda y convenciones. En la Tabla 1.7 se indican los mapas que se generaron y sus respectivas escalas de presentación.

Tabla 1.6. Listado de salidas cartográficas para la fase de diagnóstico

N°	Nombre del producto	Escala Producción	Escala Presentación
1	Plantilla general	NA	NA
2	Isoyetas	NA	NA
3	Isotermas	NA	NA
4	Evapotranspiración Potencial	NA	NA
5	Evapotranspiración Real	NA	NA
6	Balance hídrico de largo plazo en la red de drenaje principal	NA	NA
7	Fotogeología para geología básica	25000	NA
8	Fotogeología para Unidades Geológicas Superficiales	25000	NA
9	Geológico – Geomorfológico	25000	NA
10	Pendientes clasificación SGC (Grados)	NA	NA
11	Pendientes clasificación IGAC (%)	NA	NA
12	Caudales máximos anuales	NA	NA
13	Caudales medios anuales	NA	NA
14	Caudales mínimos anuales	NA	NA
15	Rendimiento hídrico máximo anual	NA	NA
16	Rendimiento hídrico medio anual	NA	NA
17	Rendimiento hídrico mínimo anual	NA	NA
18	Demandas hídricas sectoriales	NA	NA
19	Demanda hídrica total	NA	NA
20	Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)	NA	NA
21	Fotointerpretación geomorfológica básica a nivel de unidades de terreno	25000	NA
22	Análisis multitemporal de coberturas naturales de la tierra	NA	NA
23	Delimitación predial catastral de la cuenca	NA	NA
24	Unidades funcionales de la cuenca	NA	NA
25	Localización de eventos recientes y afectaciones históricas en la cuenca	NA	NA
26	Densidad de fracturamiento	25000	NA
27	Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET)	NA	NA
28	Eventos volcánicos, tsunamis, desertización, erosión costera u otros	NA	NA
29	Elementos expuestos en zonas de amenaza por: inundaciones, avenidas torrenciales, incendios forestales o de la cobertura vegetal y otro tipo de amenazas	NA	NA
30	Localización de elementos expuestos en zonas de amenaza alta para los diferentes tipos de fenómenos evaluados en el POMCA Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta u otros considerados	NA	NA
31	Indicador de porcentajes de niveles de amenaza (alta y media) para los fenómenos evaluados u otros considerados	NA	NA
32	Localización de los escenarios de riesgo priorizados	NA	NA
33	Conflictos por el uso del agua	NA	NA
34	Conflictos por la pérdida de cobertura natural en áreas y ecosistemas estratégicos	NA	NA
35	Análisis de territorios funcionales	NA	NA

	Modelo digital de terreno[7]	pix 10m	NA

Tabla 1.7. Listado de mapas para la fase de diagnóstico

N°	Nombre del producto	Escala Producción	Escala Presentación
1	Localización general de la cuenca	1:25.000	1:25.000 -
2	Zonificación climática	1:25.000	1:25.000 -
3	Índice de aridez	1:25.000	1:25.000 -
4	Geología regional con fines de ordenación de cuencas hidrográficas	1:100.000	1:100.000
5	Geología básica con fines de ordenación de cuencas hidrográficas	1:25.000	1:25.000 -
6	Geología para Ingeniería a escala intermedia o de Unidades Geológicas Superficiales – UGS	1:25.000	1:25.000 - 1:100.000
7	Hidrogeología para fines de ordenación de cuencas hidrográficas	1:25.000	1:25.000 -
8	Zonas de importancia hidrogeológica	1:25.000	1:25.000
9	Hidrografía	1:25.000	1:25.000
10	Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)	1:25.000	1:25.000 -
11	Índice de Uso del Agua (IUA)	1:25.000	1:25.000 -
12	Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico (IVH)	1:25.000	1:25.000 -
13	Índice de Calidad de Agua (ICA)	1:25.000	1:25.000 -
14	Geomorfología con criterios edafológicos (Zinck, 1989)	1:25.000	1:25.000 -
15	Geomorfología con criterios geomorfogenéticos (Carvajal, 2012; SGC, 2012)	1:25.000	1:25.000 -
16	Capacidad de uso de la tierra con fines de ordenación de cuencas	1:25.000	1:25.000
17	Cobertura y usos actuales de la tierra	1:25.000	1:25.000
18	Áreas y ecosistemas estratégicos	1:25.000	1:25.000 -
19	Social	1:25.000	1:25.000
20	Cultural	1:25.000	1:25.000
21	Económico	1:25.000	1:25.000
22	Susceptibilidad a movimientos en masa	1:25.000	1:25.000 -
23	Amenaza por movimientos en masa en las áreas críticas de la cuenca	1:25.000	1:25.000 -
24	Susceptibilidad por inundaciones	1:25.000	1:25.000 -
25	Amenaza por inundaciones en las zonas priorizadas	1:25.000	1:25.000 -
26	Susceptibilidad por avenidas torrenciales	1:25.000	1:25.000 -
27	Amenaza por avenidas torrenciales en las zonas priorizadas	1:25.000	1:25.000 -
28	Susceptibilidad por incendios forestales o de la cobertura vegetal	1:25.000	1:25.000 -
29	Amenazas por incendios forestales o de la cobertura vegetal	1:25.000	1:25.000 -
30	Índices de vulnerabilidad ambiental para las zonas críticas	1:25.000	1:25.000 -
31	Indicadores de riesgo por movimientos en masa	1:25.000	1:25.000 -
32	Conflictos de uso de la tierra	1:25.000	1:25.000 -
33	Áreas críticas	1:25.000	1:25.000 -

[7] Aunque no es un producto cartográfico si es un producto SIG, por ello no se enumera.

BIBLIOGRAFÍA

Olaya, E.; Tosse, O.; *El al.* (2014). Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá D.C., 101 p.

ANEXOS

1. Base de datos cartográfica, temática y raster
   - GDB con información básica
   - GDB con información temática vectorial y tabular
   - GDB con información raster
2. Diccionario de datos
3. Mapas (MXD, PDF, JPG)
4. Salidas cartográficas
5. Metadatos
6. Imágenes satelitales