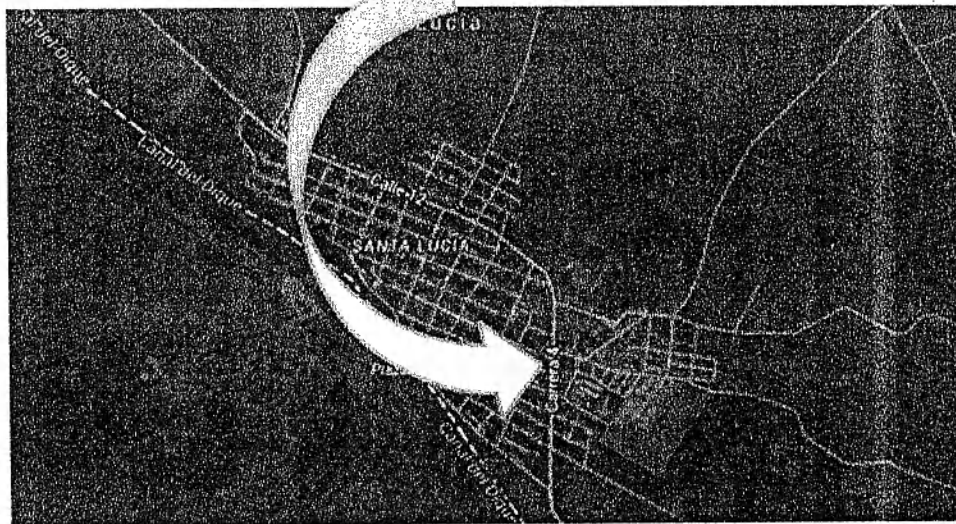
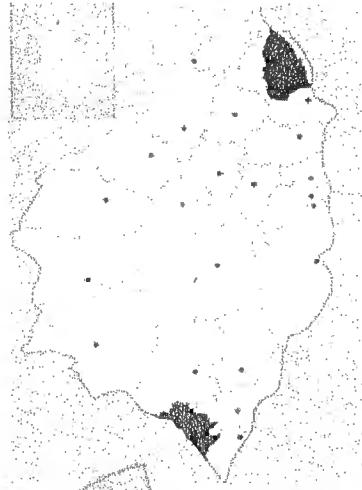


ESTUDIO DE RIESGOS



PLAN PARCIAL SANTA LUCÍA, ATLÁNTICO

2014

PRESENTACIÓN

Este documento está orientado al desarrollo de los términos de referencia a seguir en la elaboración del análisis de riesgo para el uso y ocupación de un área del territorio correspondiente, de cara a la construcción del proyecto Plan Parcial SANTA LUCIA. De igual forma, presenta un contenido de la identificación de amenazas de origen hidrometeorológico, sísmico y a la determinación de la exposición y vulnerabilidad, las restricciones para su desarrollo y las medidas de mitigación pertinentes; entendiéndose por amenazas de origen hidrometeorológico las inundaciones, avenidas torrenciales y amenazas de origen sísmico los movimientos de remoción en masa.

Se presenta el siguiente documento técnico, en cumplimiento con lo establecido en los términos de referencia de la Secretaría de Planeación de la Alcaldía de Santa Lucía y en cumplimiento de lo dispuesto en la ley 1523 de 2012 "Por medio del cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones".

CONTENIDO

CAPITULO 1
LOCALIZACION..... 1

CAPITULO 2
TOPOGRAFIA..... 4

CAPITULO 3
SUELOS..... 5

CAPITULO 4
CLIMA..... 13

CAPITULO 5
HIDROLOGIA..... 20

CAPITULO 6
USO Y COBERTURA..... 26

CAPITULO 7
EVALUACION DE AMENZAS NATURALES..... 31

CAPITULO 8
VULNERABILIDAD Y RIESGO..... 60

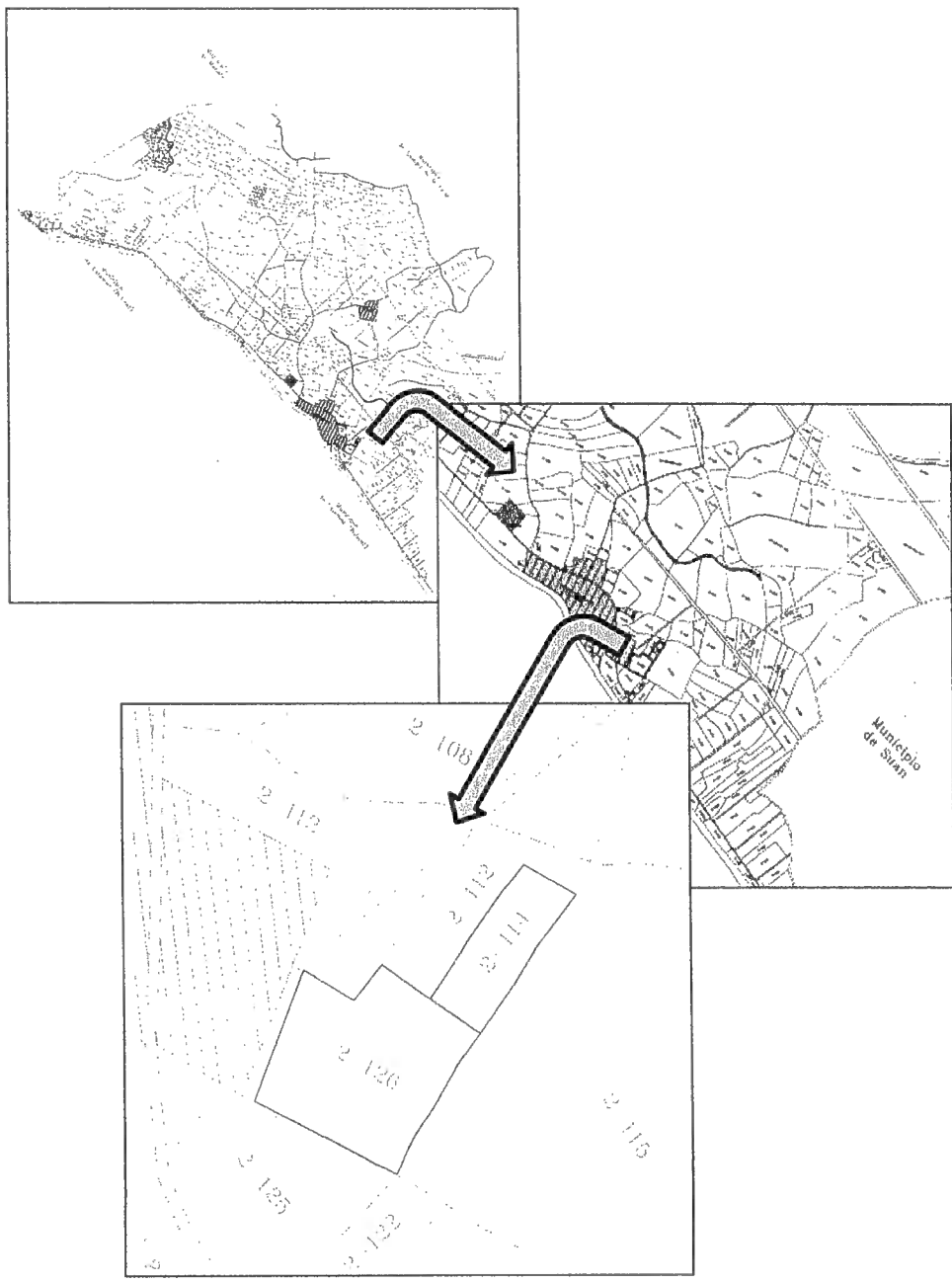
CAPITULO 9
CONCLUSIONES..... 78

X

1. LOCALIZACION

1.1. LOCALIZACION DEL PROYECTO

El proyecto Plan Parcial "Santa Lucia" se encuentra en un lote ubicado en suelo de expansión urbana del Municipio de Santa Lucía, departamento del Atlántico (Colombia).



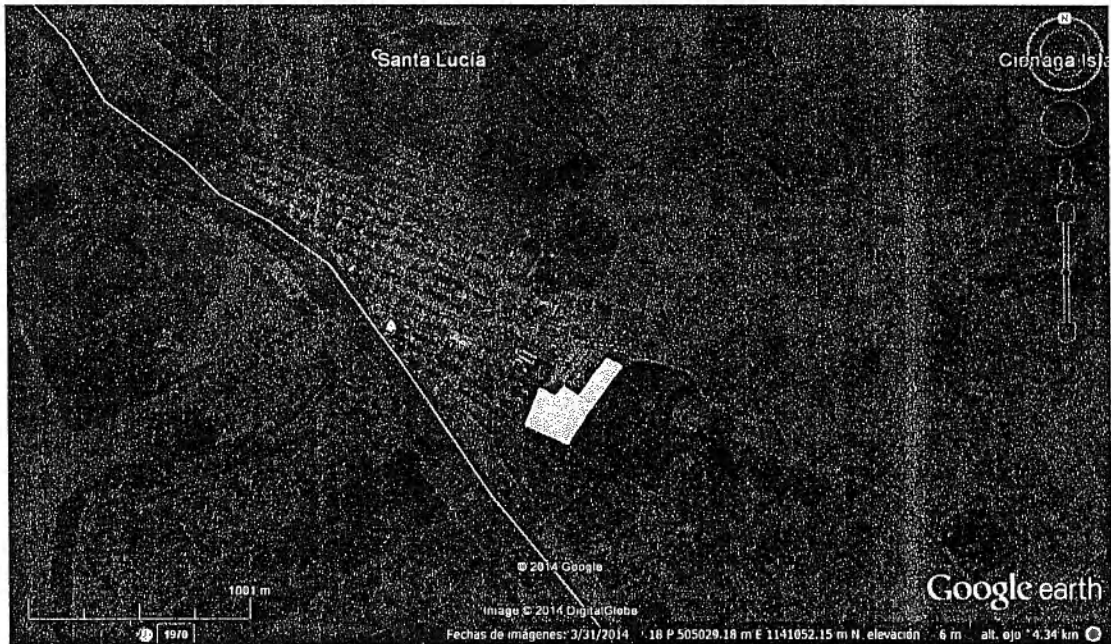
Localización PP "SANTA LUCIA"

1.2. SENSORES REMOTOS

Para la elaboración del presente estudio, se obtuvieron imágenes de sensores remotos, de manera que permitieran la evaluación de las variables requeridas en los términos de referencia.

A continuación se ilustran las fuentes consultadas para la elaboración del presente estudio:

Google Earth



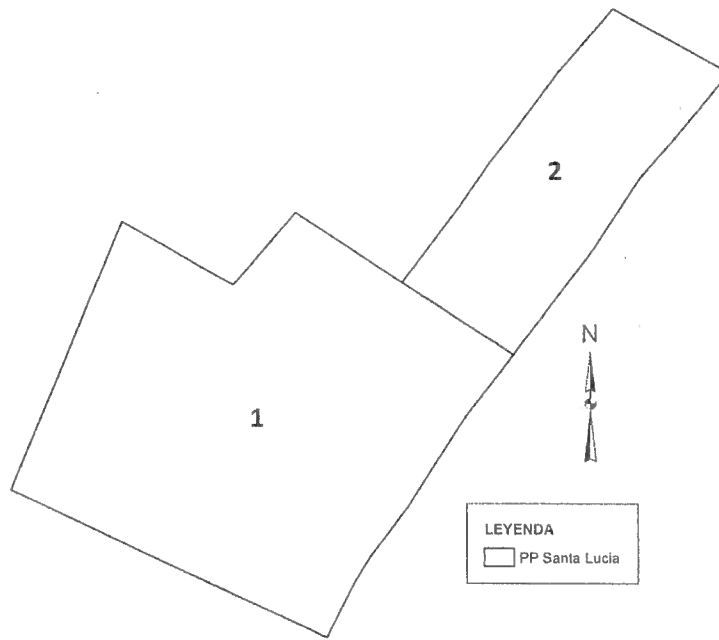
Localización PP "SANTA LUCIA Y SU AREA DE INFLUENCIA"
Tomado de: Imagen de Google Earth

1.3. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio presenta las siguientes características geométricas:

Dimensiones área PP "SANTA LUCIA"

Id	PERIMETRO	AREA (m ²)	AREA (Ha)
1	922,09	49.307,00	4,93
2	611,03	18.435,40	1,84

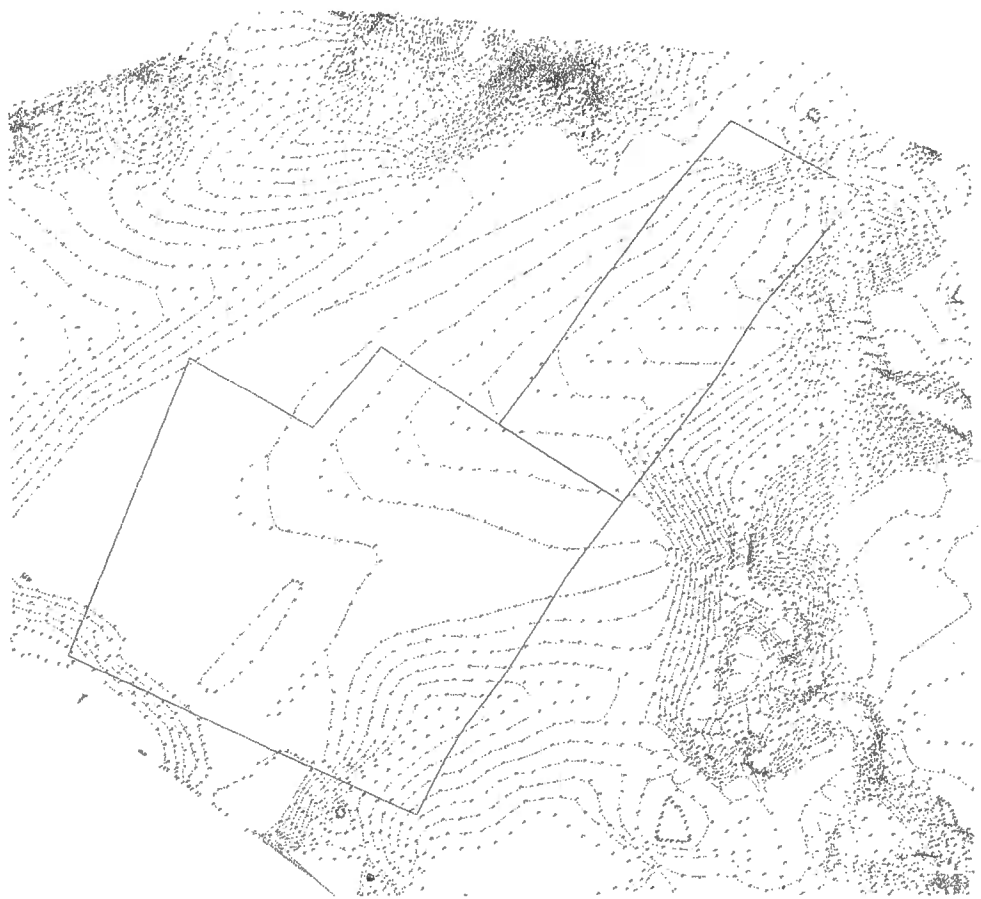


Área PP "SANTA LUCIA"

2. TOPOGRAFÍA

2.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO A ESCALA 1:1000

El levantamiento topográfico se realizó a escala 1:1.000 con cotas 0.20 mt. y amarrado al sistema de coordenadas geográficas oficiales del IGAC MAGNA-SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, Densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para la Américas).



Topografía PP "SANTA LUCIA"

3. SUELOS

3.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Los suelos que conforman esta unidad se ubican al sur del departamento en sectores de los municipios de Suan, Santa Lucía, Campo de la Cruz y Manatí, en clima cálido seco, temperatura promedio de 28°C, precipitación media anual de 1000 mm, altitud aproximada de 100 a 160 m y zona de vida bosque seco tropical (bs-T).

Geomorfológicamente, se localizan en el plano de inundación dentro de la planicie lacustre en un microrrelieve de gran complejidad con alternancia de áreas planas, diques y bajos, de relieve plano con pendientes menores del 3%.

Estos suelos se han originado a partir de depósitos aluviales recientes y se caracterizan por ser muy superficiales a moderadamente profundos, pobre a moderadamente bien drenados, texturas finas y gruesas, ligeramente ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta.

La asociación ocupa una extensión de 9.622 hectáreas; está conformada por los suelos clasificados como Typic Ustifluvents (perfil CA-32) en un 40%, Udifluventic Haplustepts (perfil A-21) en un 30% y Typic Endoaquepts (perfil ATL-14) en un 30%.

Suelos Typic Endoaquepts (perfil ATL-14)

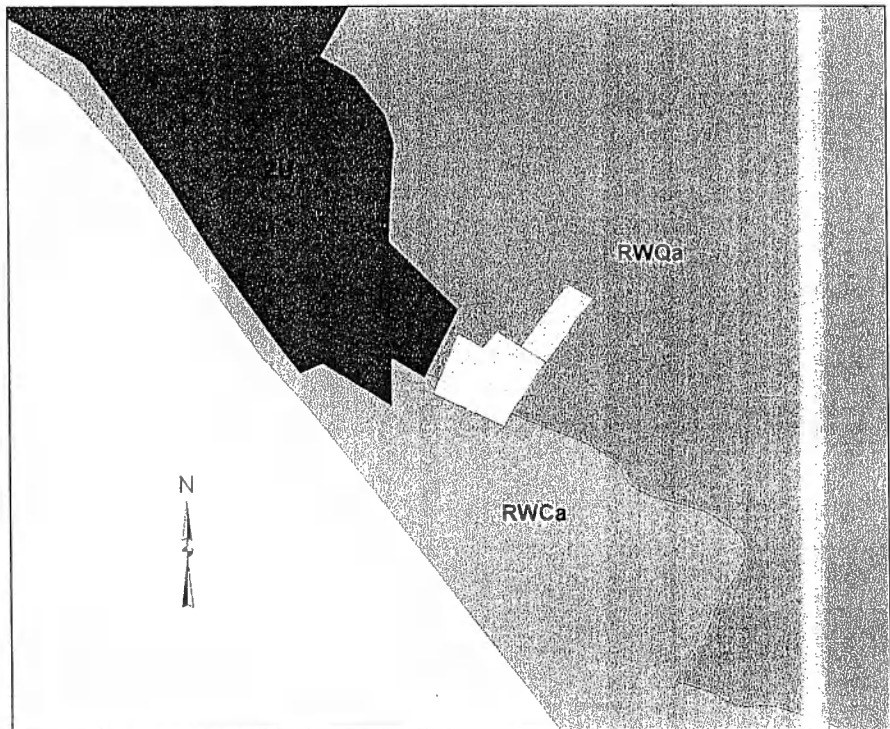
Presentan un perfil con una secuencia de horizontes Ap-B-C; el Ap es un horizonte delgado con un espesor de 9 cm, textura arcillosa, color gris oscuro y estructura en bloques subangulares finos y medios de fuerte desarrollo; el horizonte Bw tiene un espesor de 89 cm, color gris a pardo amarillento fuerte, estructura débil a fuertemente desarrollada y textura fina a moderadamente fina; el C con un espesor de 62 cm, es de colores gris pardusco, pardo grisáceo y pardo oliva claro, texturas finas a moderadamente finas y sin estructura.

Químicamente presentan una reacción fuertemente ácida a moderadamente alcalina, capacidad de intercambio catiónica media a alta, saturación de bases mayor al 50%, carbón orgánico medio, bases totales altas, contenido de fósforo alto y fertilidad alta.

De acuerdo con las variaciones de la pendiente, la unidad se representa de la siguiente manera:

RWQa: Asociación Typic Ustifluvents, Udifluventic Haplustepts, Typic Endoaquepts, fase plana, pendiente 0-3%.

252



SUELOS Área de Influencia

RWQa	
PAISAJE	Planicie Lacustre
RELIEVE	Plano de Inundación
LITOLOGIA SEDIMENTOS	Depósitos Aluviales Recientes
RELIEVE Y PROCESOS MORFODINAMICOS	Microrrelieve de gran complejidad con alternancia de áreas Planas, diques y bajos, de pendientes 0-3%.
CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS	Muy superficiales a moderadamente profundos, pobre a moderadamente bien drenados, texturas finas y gruesas, ligeramente ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta. Presencia de sales y sodio despues de los 30 cm.

T

3.2 CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS

La superficie del Departamento del Atlántico está contenida en las planchas topográficas del IGAC números 16, 17, 23 y 24. Las Unidades Geológicas que afloran en esta zona están conformadas por rocas sedimentarias depositadas en ambientes continental, marino y litoral, durante un tiempo comprendido entre el Paleoceno (± 65 Millones de años) y el Holoceno Reciente. Según Sabbagh (1983)¹ la disposición geológica de los estratos que conforman el suelo es de la siguiente forma: Calizas arenosas, margosas y margas (roca caliza, arcillosa, caliche), rocas coralinas, conformadas por materiales de sedimento génesis marina pleistocénica.

La clasificación de las tierras por su capacidad de uso consiste en el agrupamiento de suelos de la carta temática respectiva, fundamentada en los efectos combinados del clima y las limitaciones permanentes o poco modificables de los suelos, con el fin de establecer sus posibilidades de uso y la capacidad de producción, el riesgo de deterioro y los requerimientos de manejo. La clasificación se hace con base en propiedades como la pendiente, el drenaje natural, la erosión y el clima, de cada uno de los componentes de las unidades cartográficas.

Las unidades de capacidad de uso son agrupaciones de unidades de suelos con variaciones poco significativas en las características de cada componente. La homogeneidad en una unidad de capacidad se obtiene a medida que se especifican las características de los suelos y los factores limitantes, en la clasificación. Así, al nivel de Clase las tierras son similares en la limitación más severa; en la Subclase en el número y grado de limitaciones generales y al nivel de Grupo de Manejo, en algunas características del suelo y en el grado específico de las limitaciones.

Los factores de clasificación, de acuerdo con su efecto e importancia sobre los suelos, pueden ser principales y secundarios. Los primeros son aquellos que por su importancia o grado de afectación permiten definir las Clases Agrológicas específicas; entre estos factores se tiene el clima (deficiencia de agua y temperaturas medias bajas), erosión presente, pendiente (gradiente), suelo (profundidad efectiva, fertilidad, pedregosidad, toxicidad), drenaje (inundaciones, encharcamientos, nivel freático). Los segundos, son aquellos que por ser de un menor grado de afección, no determinan la Clase, pero sí permiten identificar condiciones especiales de manejo, como la textura, la permeabilidad y la reacción del suelo.

La estructura del Sistema de Clasificación comprende tres categorías: Clase, Subclase y Grupo de manejo o de capacidad, las cuales se utilizan de acuerdo con el nivel de detalle del levantamiento de suelos.

La Clase de tierra consiste en un grupo de suelos que tienen el mismo grado relativo de limitaciones y riesgos. Pueden tener una o más limitaciones. Las Clases son ocho (8) y se designan con números arábigos de 1 a 8. El grado de las limitaciones aumenta paulatinamente: muy ligeras o sin limitaciones (Clase 1), ligeras, moderadas, fuertes, severas, muy severas y extremadamente severas (Clases del 2 al 8) que van restringiendo la capacidad de uso y aumentando la intensidad de prácticas de conservación de suelos.

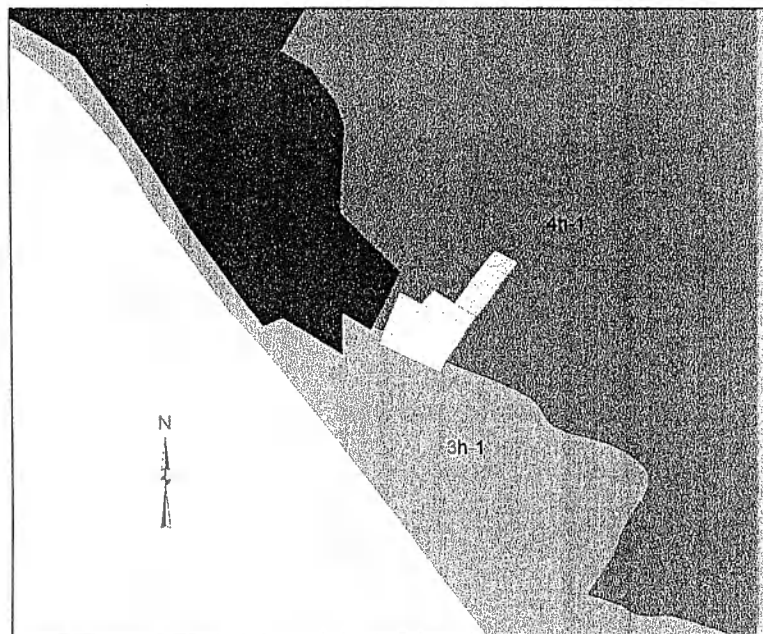
La Subclase es una división de la Clase; los suelos agrupados en una Subclase cualquiera tienen el mismo grado y número de limitaciones generales. La mayoría de los limitantes que determinan las Subclases son de carácter permanente como las pendientes, la profundidad efectiva o el clima; sin embargo, en algunos casos las limitaciones son temporales y son susceptibles de corregir; por ejemplo, la fertilidad y los encharcamientos que se pueden atenuar con la aplicación de fertilizantes y la construcción de drenajes. Los limitantes que determinan las subclases se designan con letras minúsculas así:

p = pendiente, s = suelo, h = condiciones de humedad, e = erosión y c = clima adverso.

En una Subclase, los suelos localizados en el mismo clima, con las mismas características, grado y número de limitaciones específicas comunes y potencialidades similares responden, generalmente, en forma similar a las prácticas de manejo utilizadas en la explotación; por ejemplo: profundidad efectiva superficial, presencia de abundantes piedras, baja fertilidad, alta saturación de aluminio que, a nivel de Subclase, se designan como limitante de suelo (s). A nivel de Grupo de Manejo, cada uno de estos factores se considera como un limitante específico en particular, con su respectivo grado. De esta manera, una Subclase puede tener uno o más Grupos de Manejo. Para designar el Grupo de Manejo se agrega a la Subclase un número arábigo, separado por un guión. Se comienza por el número 1;

por ejemplo 4s-1.

Esta sección contempla la descripción de la unidad de clasificación de las tierras, al nivel de Grupo de Manejo, los usos propuestos y las prácticas de manejo.



Tierras de la clase 4

En esta clase se incluyen las tierras que presentan moderadas limitaciones, las cuales disminuyen el número de cultivos y requieren cuidadosas prácticas de conservación y manejo para lograr una producción sostenible. En las condiciones actuales son consideradas como marginales para la producción agrícola intensiva.

Subclase 4h-1

Hacen parte de esta unidad de capacidad los suelos ubicados en el plano de inundación de la planicie aluvial y lacustre, en relieve plano, con pendientes 0-3% y clima cálido seco, identificados con el símbolo cartográfico RWAa, RWBa, RWJa, RWNa, RWOa, RWQa y RWRa.

Las principales limitaciones para el uso de estas tierras son el drenaje natural pobre e imperfecto y las inundaciones frecuentes de corta y larga duración.

Inicialmente en estas tierras se deben controlar los desbordamientos e inundaciones mediante la construcción de sistemas de drenaje de canales abiertos y diques artificiales. Una vez adecuadas, las prácticas de manejo se deberán orientar a la aplicación de fertilizantes, según el tipo específico de utilización.

4h-1	
FACTORES LIMITANTES	Drenaje natural pobre e imperfecto; inundaciones frecuentes de corta y larga duración.
USOS Y PRACTICAS DE MANEJO RECOMENDADAS	Control de los desbordamientos e inundaciones mediante la construcción de sistemas de drenaje de canales abiertos y diques artificiales. Una vez adecuados, las prácticas de manejo se deberán orientar a la aplicación de fertilizantes, según el tipo específico de utilización;

3.3. ZONIFICACION DE TIERRAS

La zonificación de tierras del departamento del Atlántico, se realizó considerando los aspectos físicos y bióticos existentes con el propósito de determinar ciertas alternativas sostenibles de utilización de la tierra y de esta manera conocer su potencial de explotación y a la vez saber cuáles son sus limitaciones que las están afectando.

El estudio de los suelos del departamento, al igual que la clasificación por capacidad de uso de las tierras, son el soporte o la base para definir cualquier ordenamiento físico y específicamente el de zonificación de las tierras, ya que suministra la información geomorfológica, geológica, edáfica, climática incluyendo otras más que generan criterios valiosos, para poder tomar decisiones sobre la explotación adecuada y sostenible de cada unidad de tierra.

Por esta razón es fundamental que la zonificación de tierras deba estar orientada al manejo adecuado del recurso suelo, independiente de su vocación y a la preservación y en determinados sectores a la recuperación de los recursos naturales que se presentan en la zona de estudio.

Las tierras localizadas en el paisaje de lomerío, son aptas para el establecimiento de sistemas agroforestales y forestales, y las demás tierras con suelos de vocación agropecuaria, se ubican en la planicie aluvial, lacustre, fluvio-marina y eólica.

Los suelos, como también el conocimiento de los recursos hídricos, agropecuarios, energéticos, forestales, mineros y turísticos del Atlántico, permiten establecer cuáles de estos elementos constituyen la base económica del desarrollo que conduzca a la optimización de la oferta ambiental con uso sostenido y de esta forma generar bienes y servicios los cuales conlleven a mejorar la calidad y el nivel de vida de los habitantes de la región.

La zonificación está basada en la interpretación del estudio de suelos, así como en los planteamientos sobre el uso actual y la capacidad de uso de las tierras, definidos con base en las unidades de capacidad, esbozados previamente en el texto. La delimitación en el mapa de zonificación de tierras, contiene aspectos esencialmente físicos y tiene como finalidad agrupar unidades de tierra con limitaciones y vocaciones similares, de tal manera que su uso sea el óptimo de acuerdo con las características intrínsecas de los suelos en el departamento.

El mapa de zonificación se presenta a escala 1:100.000 con su respectiva leyenda explicativa, la cual consta de unidades de tierra que han sido identificadas con símbolos, cada uno de los cuales está representado por letras mayúsculas como se enumera a continuación:

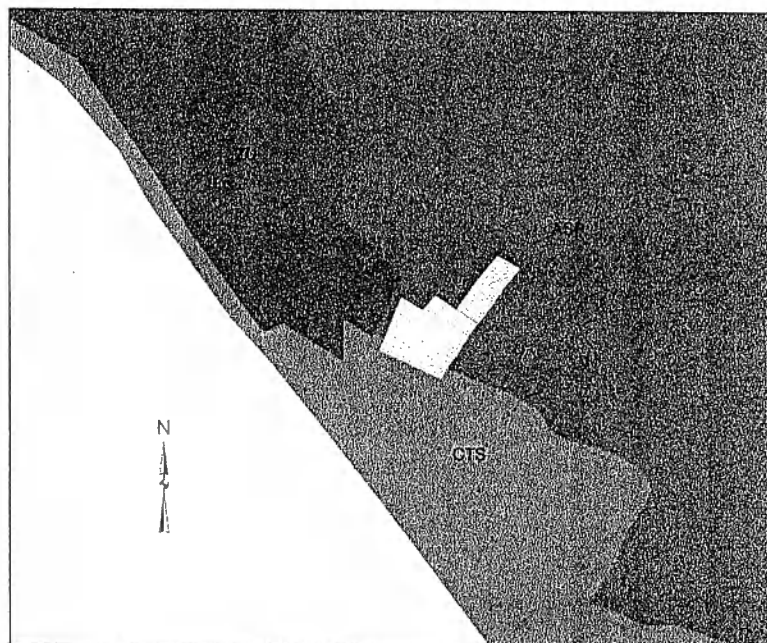
CTS: Cultivos transitorios semiintensivos

PEX: Pastoreo extensivo

ASP: Agrosilvopastoriles

FPR: Forestal protector

CRE: Conservación y recuperación



ASP	
VOCACION DE USO	Agroforestal
USO PRINCIPAL	Agrosilvopastoril
DESCRIPCION	Tierras ligeramente planas y fuertemente quebradas con pendientes 0-3% y 25-50% afectadas por erosión ligera, inundaciones frecuentes y mal drenaje, que limitan su uso en actividades exclusivamente agrícolas o ganaderas. Se debe favorecer la regeneración de la vegetación natural, evitar el sobrepastoreo y no dejar desprovisto el suelo de cobertura vegetal.

3.4. CONCLUSIONES

- ✓ En este numeral se registra el desarrollo de las conclusiones, derivadas de los resultados de la investigación y de las características y necesidades del proyecto. Las mismas constituyen los análisis de ingeniería geotécnica del estudio.
- ✓ El suelo del área del plan parcial y su zona de influencia presenta muy buena estabilidad, por lo cual no presenta riesgos de remoción en masa.

- ✓ Las características mecánicas de resistencia al esfuerzo cortante son consideradas bajas, aun cuando por las sollicitaciones de carga de las edificaciones, se consideran manejables los aspectos de capacidad portante y asentamientos. Sus características mecánicas en condiciones naturales como resistencia y deformabilidad se consideran aceptables. La permeabilidad del sub-suelo es bastante baja, aspecto que incide en el tiempo de retención de las aguas. Cabe destacar, que durante la fechas de investigación no se establecieron niveles de aguas subterráneas a las profundidades investigadas.

3.5 REFERENCIAS

Fonade. (2013). Consultoría especializada para la estructuración de concesiones viales, geología y geotecnia para taludes.

IGAC, (2007). Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras. Departamento del Atlántico.

Zapata, G., Reyes, G. & Barrera, R. (1999). Geología del Departamento del Atlántico- Mapa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero- Ambiental y Nuclear-INGEOMINAS, Bogotá, D.C. 1p.

Zapata, G., Reyes, G. & Barrera, R. (2000). Memoria explicativa del Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Atlántico. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero- Ambiental y Nuclear-INGEOMINAS, Bogotá, D.C. 56 p.

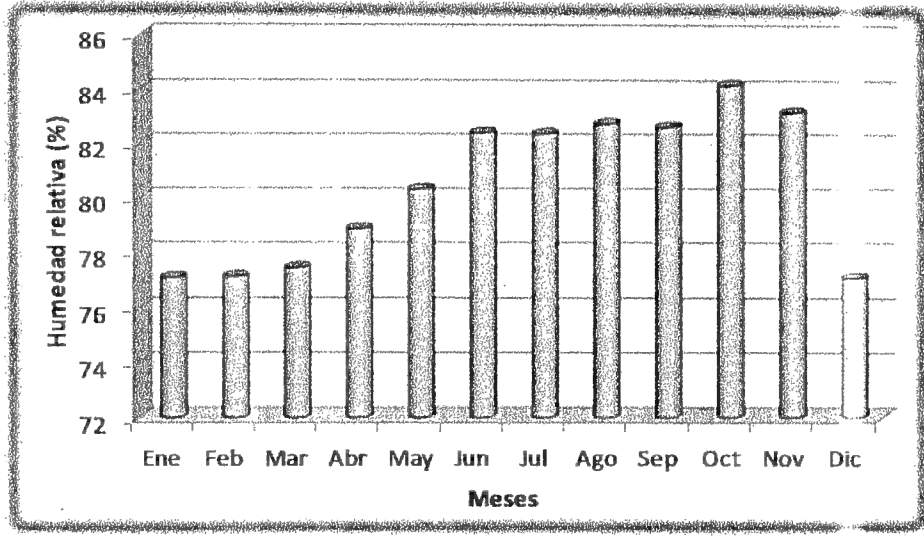
4. CLIMA

El área de estudio se considera como un sector cálido sub-húmedo a seco. Toda la región costera y las orillas del río Magdalena, se pueden describir como semi-árida. Las masas de agua presentes en la zona, intervienen en la formación de las variantes climáticas, es así como las brisas marinas ayudan a suavizar la temperatura para la región costera. Los vientos arrastran las nubes hacia el interior del continente, disminuyendo la precipitación cerca a las costas e incrementándose hacia el interior del continente.

4.1. HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa en la zona tiene características de tropical-costera. Los valores promedios, son altamente fluctuantes, varían entre 75% y 85%. Las fluctuaciones están entre 70% y 90% con extremos de 60% y 100%.

Según datos del IDEAM del periodo comprendido entre enero de 2008 y agosto de 2010, muestran que los meses de octubre (84,2%) y noviembre (83,2%) presentan el mayor valor promedio en porcentaje de humedad relativa, sin embargo, no se observa una marcada diferencia con los otros meses del año. El período de julio a noviembre es entre un 5% y 10% más húmedo que el resto del año



Valores medios mensuales de Humedad relativa (%), periodo 2008- 2010

Los máximos valores se presentan en la madrugada y los mínimos al medio día. Los períodos de máxima y mínima humedad coinciden, generalmente, con los de mayor y menor precipitación, respectivamente.

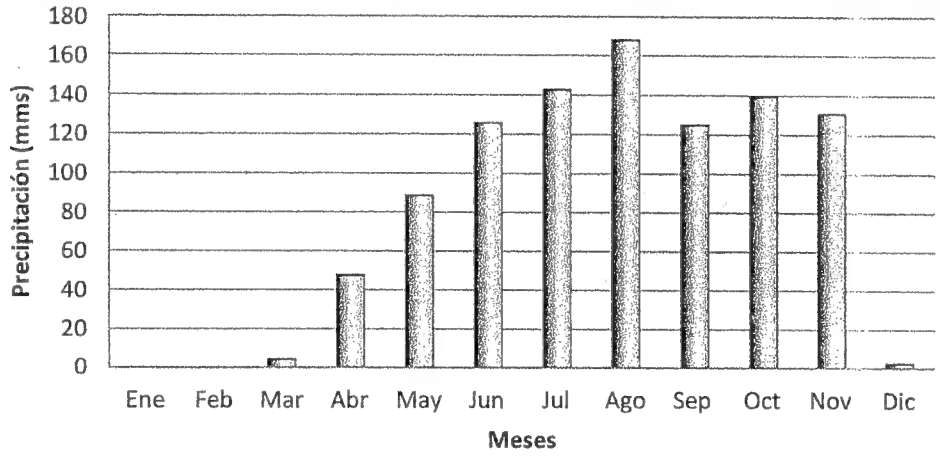
4.2. PRECIPITACIÓN

La precipitación es torrencial y fuertemente erosiva. En la parte oriental predominan los chaparrones de relativa corta duración. Según datos del IDEAM (enero de 2008 – septiembre de 2010), se pueden apreciar claramente los periodos de precipitación anteriormente mencionados, siendo el mes de agosto el que reporta, en promedio, la mayor cantidad de lluvias. Además de lo anterior, existe la zona de convergencia intertropical la cual ejerce una gran influencia sobre la precipitación media anual en Colombia, el ciclo anual de lluvias está definido por tres períodos marcados: uno lluvioso, de agosto a noviembre; uno seco, de diciembre a marzo; y otro de transición, de abril a julio.

La zona de estudio, caracterizada por precipitaciones que oscilan entre 500 – 1000 mm anuales. De acuerdo con el régimen pluviométrico, el módulo mensual de precipitación varía durante el año entre 0 y 375mm. Las siguientes tablas presentan los principales parámetros estadísticos.

Precipitación Anual

ESTACION	VARIACIÓN (MM)	MEDIA (MM)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
Ernesto Cortissoz	472-1273	755	267.20	0.35



Valores medios mensuales de Precipitación (mms), periodo 2008 – 2010

Precipitación Mensual

Módulo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Medio	5.5	0.3	1.4	25.4	115.0	79.8	72.	110	150.3	162.2	68.5	21.8
Máximo	133.1	8.0	11.0	96.6	320.1	271.4	235	260.	299.5	375.0	226.5	145.3
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.3	1.0	20.0	19.1	1.0	0.0

Con base en los registros se observa un período lluvioso de ocho meses, entre abril y noviembre, y un período seco de cuatro meses, de diciembre a marzo. En la tabla siguiente, se presentan los valores medios, máximos y mínimos de precipitación máxima en 24 horas.

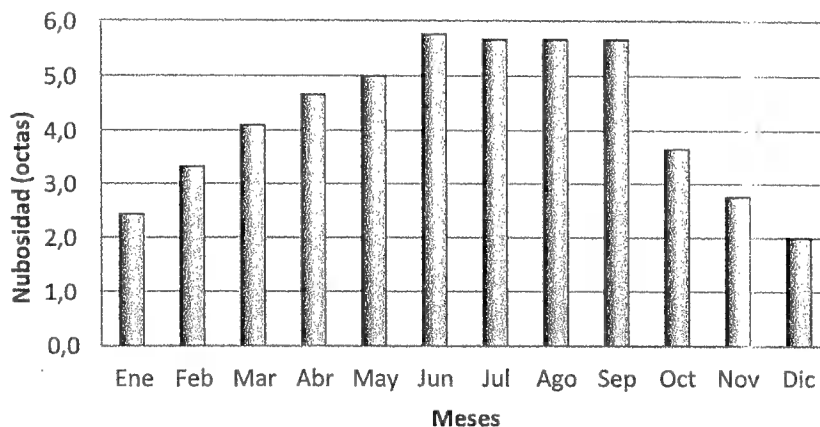
Precipitación Máxima Diaria

Módulo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Medio	2.1	0.5	0.7	13.9	35.6	35.2	28.7	40.3	45.1	51.0	30.0	11.9
Máximo	62.5	6.7	10.0	54.6	119.2	104.1	100.6	100.0	93.2	123.0	98.0	118.4
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	1.0	9.9	5.0	1.0	0.0

Los mayores valores de precipitación se presentan en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre. Los mayores valores de precipitación diaria en el sector se dan entre los meses de junio y octubre.

4.3 NUBOSIDAD

Datos del IDEAM (enero de 2008 – septiembre de 2010), muestran que los máximos valores se presentaron en los meses de junio, julio, agosto y septiembre mientras los valores mínimos se reportaron en los meses de diciembre y enero los cuales registraron el mayor brillo solar. Los valores de nubosidad tienen una relación inversa con el brillo solar.

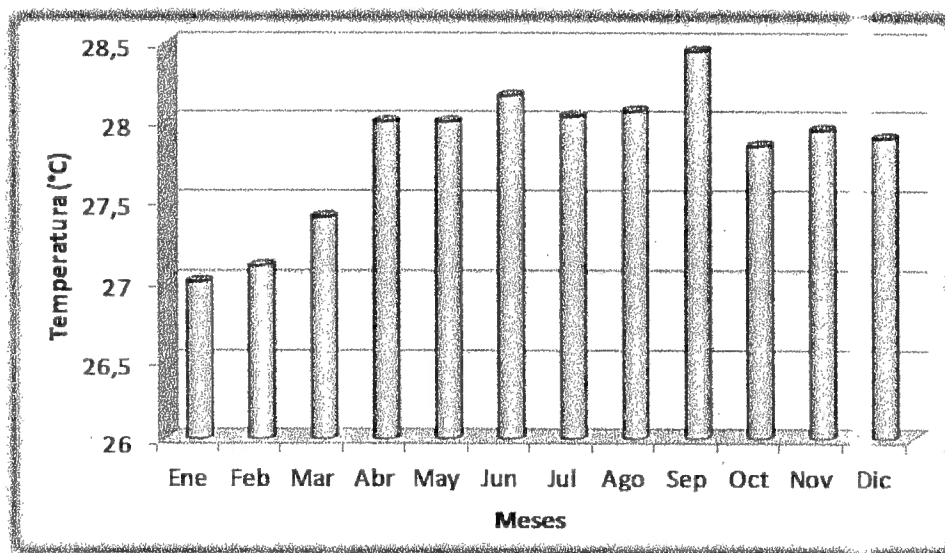


Valores medios mensuales de Nubosidad (Octas), periodo 2008- 2010.

4.4 TEMPERATURA

Los valores medios de temperatura registrados con base en la información de la estación meteorológica del aeropuerto “Ernesto Cortissoz” del IDEAM, localizado al Sur del área en estudio.

Se presenta el comportamiento típico de los diferentes parámetros climatológicos que se registran en dicha estación¹, estos revelan que en promedio la temperatura mínima en el área de estudio está por encima de los 26°C y la máxima supera los 28 °C. Adicionalmente, durante 11 de los 12 meses del año se registra temperaturas medias por encima de los 27 °C. Por otro lado, la temperatura promedio histórica mínima ocurre en enero y febrero y la máxima en los meses de mayo y julio.



Valores medios mensuales de Temperatura (°C), periodo 2008 – 2010.

Las temperaturas en esta zona son muy constantes y tienen promedios anuales de 27 °C hasta 28.3 °C. Las temperaturas mínimas medias están alrededor de 24 °C y las máximas medias alcanzan los 33 °C, teniéndose registros de temperatura máxima absoluta de 41 °C y mínima absoluta de 16 °C.

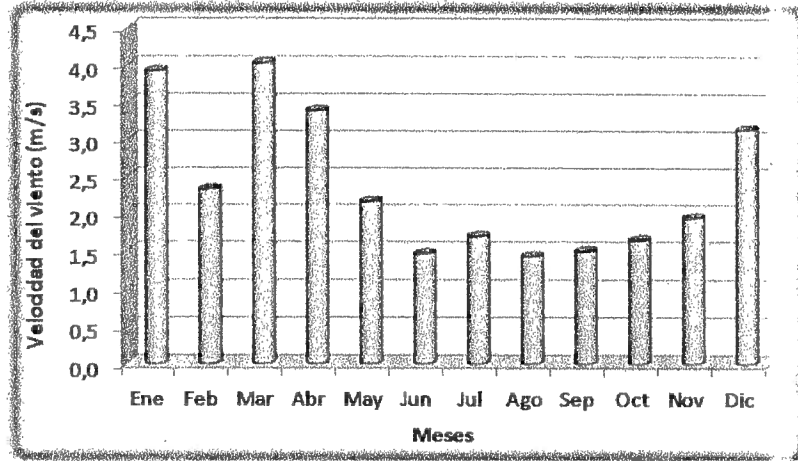
4.5 VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

La dirección general del viento dominante es Noreste. En la región costera durante el 95% del año. En el interior hay influencias de la Sierra Nevada de Santa Marta y las colinas locales pueden producir variaciones cerca de la superficie. Las velocidades tienen promedios mensuales de 2 a 10 m/s, presentándose los valores más elevados en la costa. Extremos de hasta 25 m/s ocurren en las ráfagas que acompañan y preceden a los aguaceros.

¹ (Tomado de: Estudios e Investigaciones en el canal navegable de acceso al puerto de Barranquilla entre Bocas de Ceniza (K0) y el Puente Pumarejo (K22), Universidad del Norte y CORMAGDALENA, 2005)

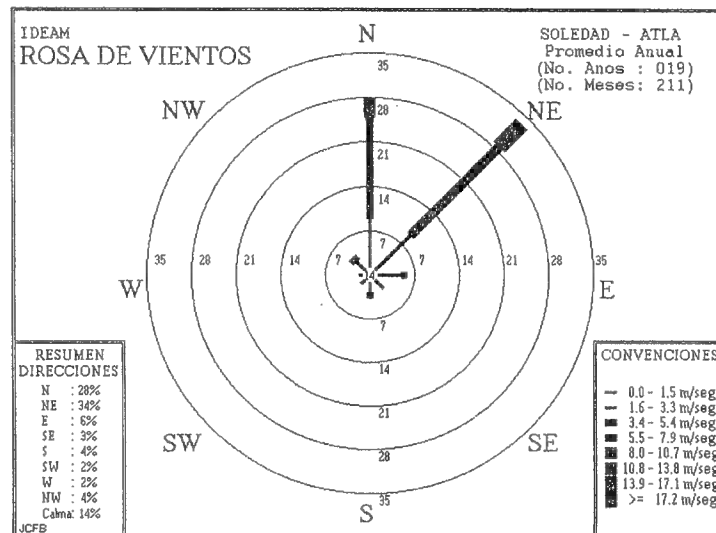
² Tomado de: PMA, caracterización del área de influencia 3.1.6. Climatología, CEEC.

De acuerdo a lo descrito por el CIOH, 1981 (En: POMCA Mallorquín, 2006), la zona costera del Caribe Colombiano está sometida a un régimen constante de los vientos alisios provenientes del N y del NE, que soplan durante los meses de Diciembre a Abril. El resto del año los vientos son muy variables tanto en dirección como en fuerza. De acuerdo a los registros del IDEAM, los vientos en el área de estudio, presentan mayor intensidad en los meses de diciembre a mayo, alcanzando en el mes de marzo 4 metros/segundo.



Valores medios mensuales de Velocidad del viento (m/s), periodo 2008- 2010.

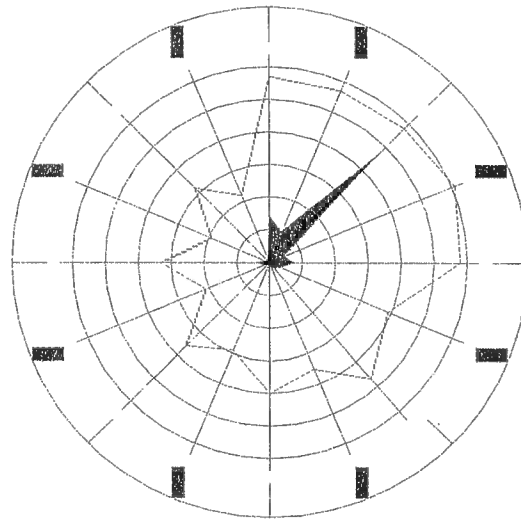
La siguiente figura, presenta la rosa de vientos de la estación aeropuerto Ernesto Cortissoz del IDEAM, en ella se indica que el 34% del año los vientos provienen de la dirección NE, con velocidades máximas del orden de 30 m/s.



Rosa de Vientos Estación Aeropuerto Ernesto Cortizzos.
Fuente: IDEAM

Durante el año el 14% del tiempo se registra vientos en calma, el 68% del año los vientos provienen del cuadrante N-E y el 18% del año los vientos provienen de las otras direcciones con velocidades inferiores a los 7 m/s. En la región los vientos más fuertes se presentan entre los meses de diciembre a mayo.

Con base en datos de la oficina de Conservación de Obras de Bocas de Ceniza construyó la rosa de vientos del anemómetro instalado en Las Flores con la información de vientos de los años 1958 a 1964. En ella se observa también el cuadrante N-E como dirección predominante de los vientos, con una frecuencia del 95% del tiempo, en donde a su vez se presentan las velocidades más altas. La velocidad máxima registrada es de 17 m/s.

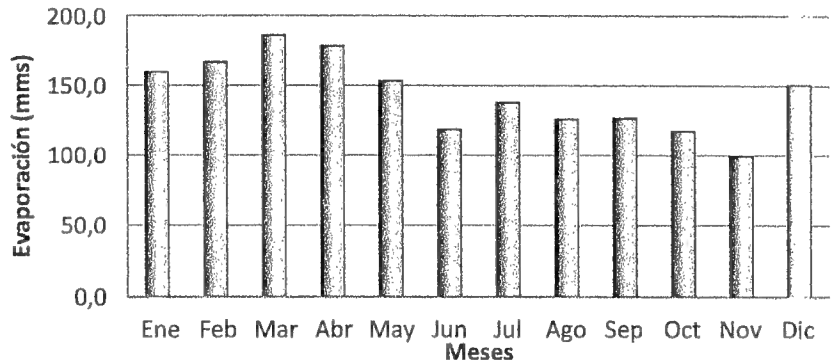


Rosa de Vientos Estación Las Flores

Fuente: Oficina de Bocas de Ceniza. Ministerio de Transporte

4.6. EVAPORACIÓN

Analizando los promedios de los valores medios mensuales del periodo comprendido entre enero de 2008 y septiembre de 2010, se aprecia que la mayor evaporación tuvo lugar en los primeros cinco meses del año, principalmente los meses de marzo y abril con 186,3 y 178,6 mm, lo anterior como resultado del tiempo anticiclónico que se presenta en el primer semestre del año, el cual es muy soleado y con bajas precipitaciones. Para el segundo semestre del año, hasta noviembre, se invierte la situación climática por efecto del segundo tránsito de la zona de convergencia intertropical por el Ecuador, reduciendo la evaporación.

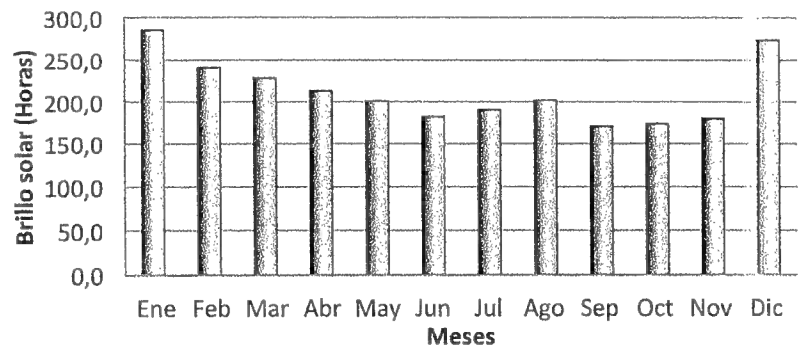


Valores medios mensuales de Evaporación (mm), periodo 2008 – 2010.

La evaporación experimenta una variación diurna y una anual muy semejante a la temperatura. Es mínima en las horas de la mañana y máxima después del mediodía, además es mayor en verano que en invierno. La evaporación parcial promedio mensual es mínima entre los meses de septiembre y noviembre, con variaciones que van desde 120 mm a 130 mm por mes, y máxima entre los meses de junio y agosto, con valores entre 250 mm y 300 mm.

4.7 BRILLO SOLAR

Según datos del IDEAM los meses en los cuales se reportó, en promedio, el mayor número de horas con brillo solar fueron enero y diciembre con 285.9, y 274,4 horas/mes, respectivamente.



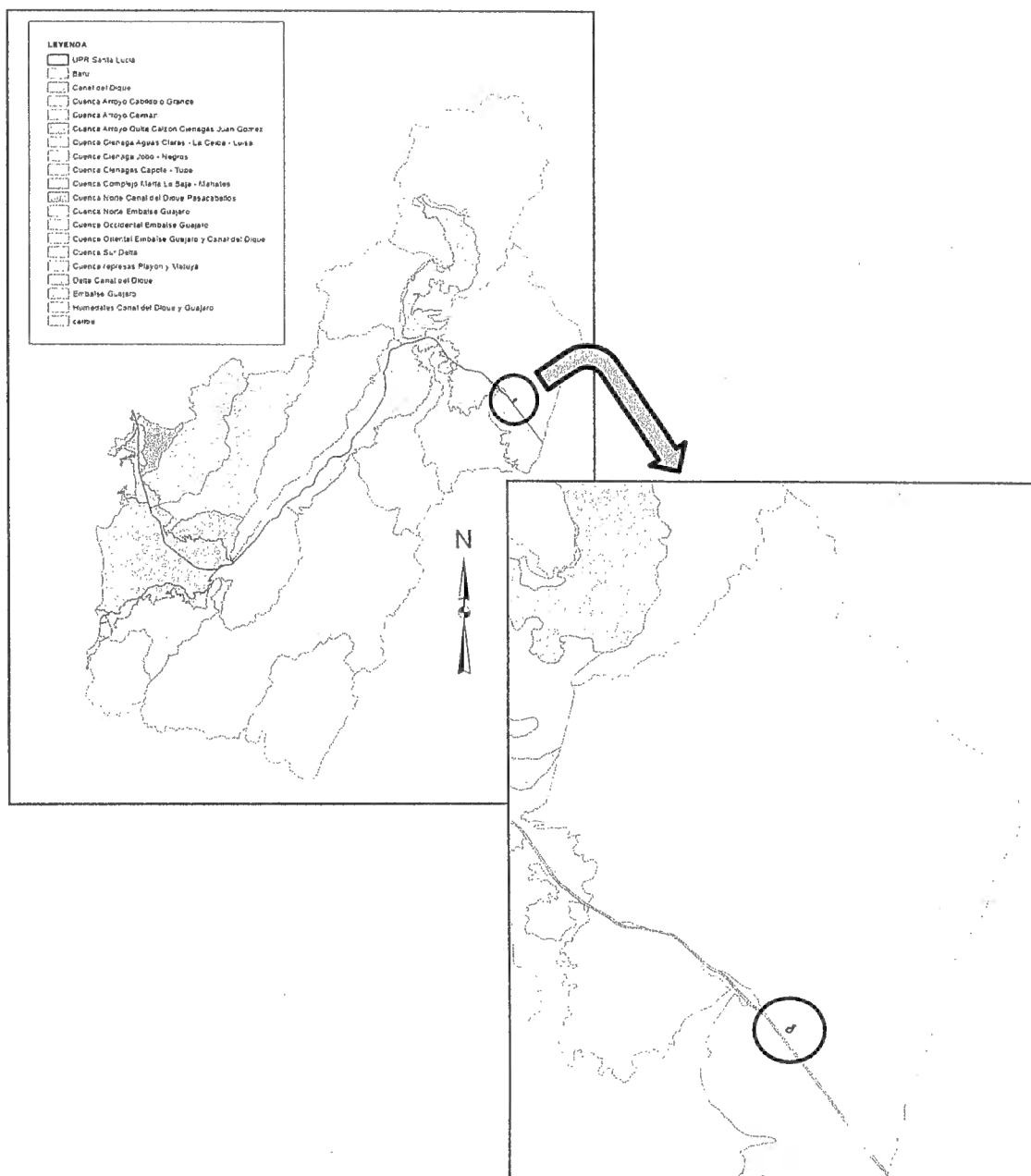
Valores medios mensuales de Brillo Solar, periodo 2008 – 2010.

La radiación o brillo solar está en relación inversa con los valores de precipitación; de ahí que la menor radiación coincide con el período más lluvioso y la mayor radiación con la época menos lluviosa.

5. ANALISIS HIDROLOGICO

5.1 SUBCUENCA HIDROGRAFICA

El área del PP "Santa Lucía" se encuentra localizada en la Subcuenca "Oriental Embalse del Guájaro y Canal del Dique" de la Cuenca Humedales del Canal del Dique, según se ilustra en la siguiente imagen.



Las características de la Subcuenca "Oriental Embalse del Guájaro y Canal del Dique" se describen en las siguientes tablas:

5.2. DEMANDA HIDRICA DE LA SUBCUENCA

A continuación se indican los detalles más relevantes y la cuantificación de los usos del agua en la UHA de la Oriental Embalse del Guájaro y Canal del Dique:

La demanda de agua en esta zona se concentra especialmente en el sector de la piscicultura con sus diversas variedades. En los cuadros que se indican a continuación y la respectiva gráfica se entregan los detalles de los usos del agua en esta UHA.

UHA - ORIENTAL EMBALSE DEL GUAJARO							
No	Usuario	Municipio	Caudal (L/s)	Volumen (m3/año)	Uso conferido	Fuente	UAH
83	GRANJA LISMAR	Santa Lucía	3.00	94,600.0	Hidrocultivos	Canal del Dique	Oriental Embalse del Guajaro
84	UNIÉN TEMPORAL SYS-JA	Santa Lucía	0.00	-	Industrial	Canal del Dique	Oriental Embalse del Guajaro
90	ZOOCRIADERO REPTILES LTDA.	Suan	0.55	17,302.9	Hidrocultivos	Canal del Dique	Oriental Embalse del Guajaro
TOTALES				111,902.9			

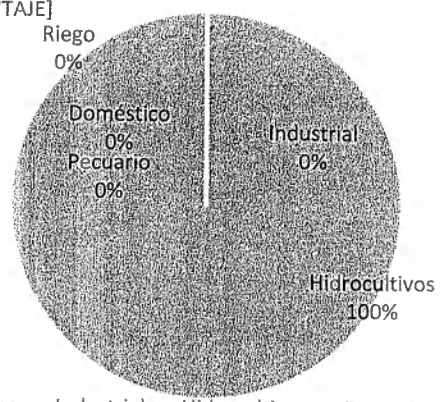
Demanda del recurso hídrico en la parte Oriental de Embalse del Guájaro

De acuerdo con en el cuadro y la figura a continuación, en esta UHA se presenta una alta e importante demanda de agua superficial para los usos de Hidrocultivos.

Usos UHA - Oriental Embalse del Guájaro	
Sector	Consumo (m ³ /año)
Doméstico	
Industrial	
Hidrocultivos	111,902,94
Pecuario	
Agrícola	
Riego	
Total	111,902,94

22

DEMANDA ORIENTAL EMBALSE DEL GUAJARO
 AGRÍCOLA
 [PORCENTAJE]



■ Doméstico ■ Industrial ■ Hidrocultivos ■ Pecuario ■ Agrícola ■ Riego

Resumen de usos del agua en la UHA de la subcuenca Oriental Embalse del Guájaro
 Fuente. Estructuración y especialización de los índices de uso del agua – IUA

Para la estimación de la demanda potencial sectorial, es decir, para los consumos industriales, pecuario, agrícola, hidrocultivos y riego, se parte de la premisa fundamental, de que los valores medidos corresponden al 80% de la demanda neta requerida. Significa que se está aceptando la posibilidad de que un 20% de la demanda sectorial no haya sido aún identificada por la autoridad ambiental y por tanto, se requiere hacer un nuevo cálculo incrementando los consumos actuales en un 20%.

Para el cálculo de la demanda potencial sectorial, se afecta entonces en un 20% los consumos concesionados por la CRA:

Unidad Hidrológica de Análisis	Demanda Proyectada (metros cúbicos / año) -UHA Superficial						Demanda Potencial Total por UHA
	Doméstica	Industrial	Hidrocultivos	Pecuaria	Agrícola	Riego	
	Oriental Embalse del Guajaro	2.487.309,86		139.878,67			

Demanda Hídrica Potencial – Subcuenca Oriental Embalse del Guájaro

Ciénaga La Poza	Población y demanda Domestica									
				Industrial	Hidrocultivos	Pecuario	Riego	Agrícola	Demanda Potencial Total por UHA	
	Población de la UHA			Demanda doméstica proyectada	Proyect	Proyect	Proyect	Proyect		Proyect
	Rural	Urbana	Total							
4829.36362	40601	45,430	2,487,310	-	139,879	-	-	-	2,627,189	

Demanda Hídrica Potencial - Usuarios Superficiales y Subsuperficiales

5.3 OFERTA HÍDRICA DE LA SUBCUENCA

La oferta hídrica para la subcuenca “Oriental Embalse del Guájaro”, se estima a partir de las series diarias de precipitación obtenidas del IDEAM.

Subcuenca	Microcuenca	Área Km ²	Volumen de escorrentía superficial de la cuenca.	Oferta		Rendimiento máximo de escorrentía superficial de la cuenca
			1980-2011 (*)	X 1000 m ³	m ³ /día	m ³ /año
Oriental Embalse del Guájaro	1	84.45	686,240	62,625	110,757,571	0.086
	2	324.75	2,638,915	240,821		

Oferta hídrica superficial.

Nota: (*) No incluye años 1988 y 1989

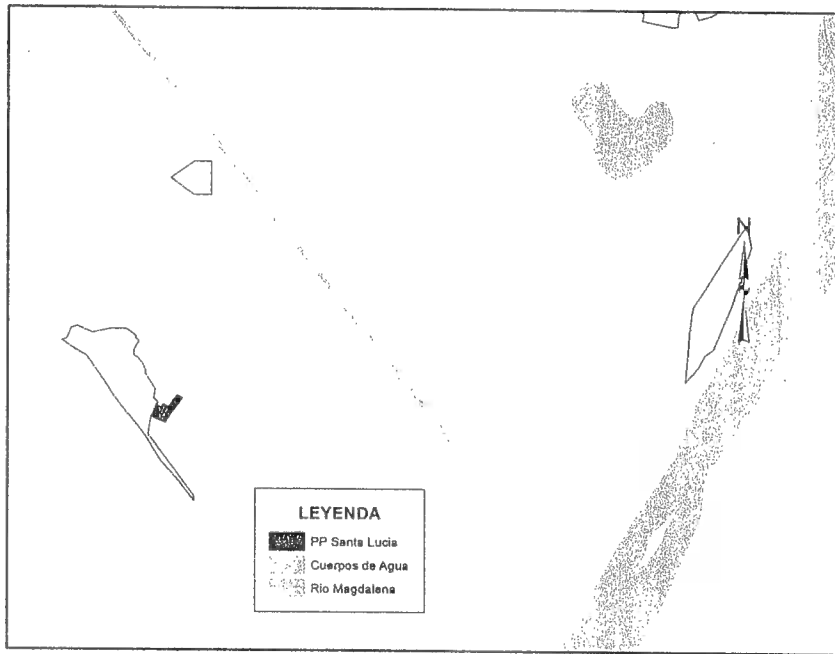
Fuente: Estructuración y especialización de los índices de uso del agua – IUA

5.4 DEMANDA HÍDRICA vs OFERTA HÍDRICA

Comparando la demanda hídrica proyectada de la Subcuenca “Oriental Embalse del Guájaro” versus la Oferta Hídrica Potencial que presenta la misma, es posible concluir que no presentan déficits del recurso hídrico, toda vez que se presenta un superávit de más de 105 millones de m³/año.

El régimen de consumo y/o captación por medio de concesiones deberá ser regulada por la autoridad ambiental, considerando los análisis realizados en las unidades hidrológicas y sus consideraciones de oferta y demanda según la época del año.

5.5 CUERPOS DE AGUA Y SISTEMA DE DRENAJES



El área del PP Santa Lucía se encuentra localizada en cercanías del canal del dique y del distrito de riego de Santa Lucía.

5.6. CONCLUSIONES

- En el polígono del PP Santa Lucía no hay áreas que hagan parte de las categorías de protección, por lo cual no es necesario desarrollar ninguna norma específica de manejo para tal fin.
- Con el desarrollo del PP Santa Lucía se cumple lo establecido en el POMCA Canal del Dique (aprobado y adoptado), aplicando el uso complementario que es el Residencial.
- No se intervienen cauces de agua como arroyos y/o drenajes, respetándose el complejo de humedales presente en la zona de influencia del proyecto.
- Los vertimientos generados a partir de este plan parcial serán interconectados a la red de alcantarillado de la cabecera municipal de Santa Lucía, para su posterior tratamiento en las lagunas de oxidación.

5.7 REFERENCIAS

Ávila H., (2012). Perspectiva del manejo del drenaje pluvial frente al cambio climático - caso de estudio: ciudad de Barranquilla, Colombia. Revista de Ingeniería, #36, 2012, pp. 54-59.

HAESTAD METHODS, Durrans S.R., (2003) Stormwater Conveyence Modeling and Design, Haestad Methods, USA

Chin, D. (2006). Water Resources Engineering, Prentice Hall, New York USA.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, FHWA, (2001) Urban Drainage Manual, U.S. Department of Transportation, USA

Natural Resources Conservation Service, NRSC. U.S. Department of Agriculture - USDA- (2009). Small Watershed Hydrology. WinTR-55 User Guide.

Alvarado M. (Editor). (2008). Rio Magdalena, Navegación Marítima y Fluvial. Ediciones Uninorte.

Esquema de Ordenamiento Territorial de Santa Lucía

6. USO – APTITUD – ZONIFICACION - CONFLICTOS

6.1. VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO

La vegetación es un factor fundamental dentro de la conservación de suelos. Directamente ejerce un efecto de sujeción del mismo por medio de las raíces. También evita que la lluvia incida directamente sobre el suelo y ponga en suspensión los elementos del mismo, llevándoselos del lugar; es decir, evita la acción erosiva del agua. Otro aspecto importante a considerar de la vegetación es que aumenta la capacidad de infiltración del agua hacia zonas profundas del suelo, aumentando los aportes de agua a los acuíferos subterráneos. Esto es así porque disminuye la escorrentía superficial y la velocidad con la que el agua se desplaza por la superficie.

6.2. FLORA

En concordancia con algunos estudios realizados de la vegetación arbórea de la zona, a continuación se hace un listado de algunos árboles que conforman la flora ornamental¹:

Inventario de Flora Ornamental

Nombre Común	Nombre Científico
Astromelia grande, reina de las flores	<i>Astromelia speciosa</i>
Huevo vegetal, seso vegetal, akee tree	<i>Blighia sapida</i>
Palo María	<i>Calophyllum mariae</i>
Olivo	<i>Capparis indica</i>
Lluvia de Oro	<i>Cassia fistula</i>
Areca, Palma Areca	<i>Chrysalidocarpus lutescens</i>
Coco, Cocotero, Palma de Coco	<i>Cocos nucifera</i>
Acacia, acacia roja	<i>Delonix regia</i>
Caraqueño	<i>Erythina variegata</i>
Laurel	<i>Ficus benjamina</i>
Pivijay, Laurel	<i>Ficus retusa</i>
Matarratón, Mata-ratón	<i>Gliricidia sepium</i>
Guayacán	<i>Guaiacum officinale</i>
Coralillo	<i>Ixora coccinea</i>
Mango	<i>Mangifera indica</i>
Flor de la Habana, Oleander	<i>Nerium oleander</i>
Trébol	<i>Platymiscium pinnatum</i>
Flor de Playa, Frangipani, Azuceno	<i>Plumeria alba</i>
Palma real	<i>Roystonea regia</i>
Roble	<i>Tabebuia rosea</i>
Almendro	<i>Terminalia catappa</i>
Veitchia, merrili, palma botella	<i>Veitchia merrillii</i>

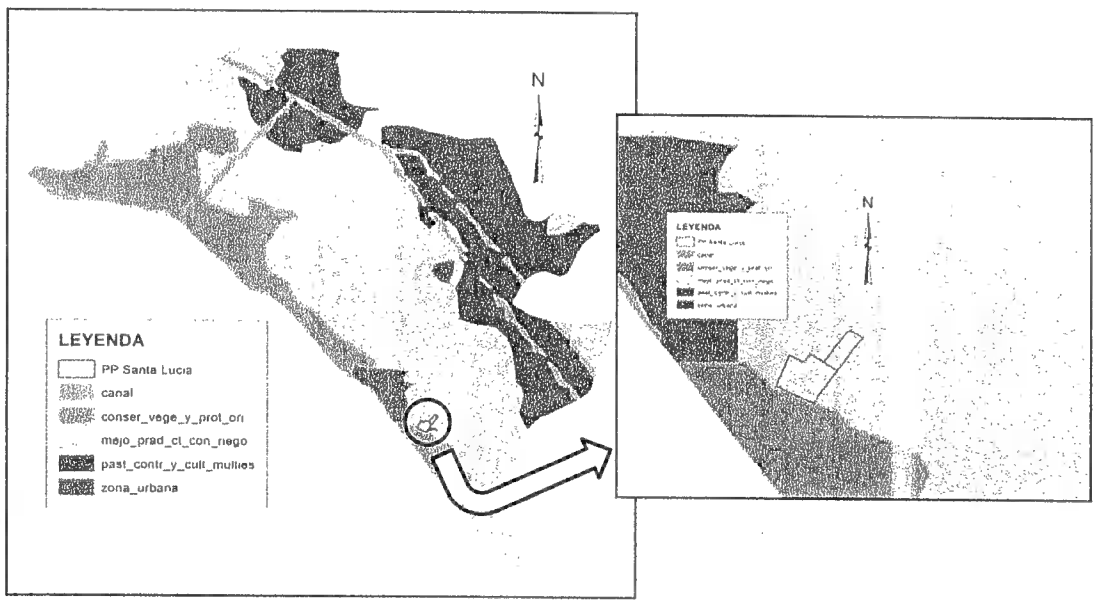
¹ Esquema de Ordenamiento Territorial. Municipio de Santa Lucía

6.3 VEGETACION NATURAL

La vegetación en sí misma no se considera un factor condicionante principal en los procesos de inestabilidad gravitatoria. No obstante, va a tener cierta incidencia al ser un elemento protector del suelo y un condicionante hidrológico de la zona. Por ello, es importante conocer la vegetación existente en un área, desde el punto de vista de las especies y forma de ocupar la superficie.

6.4 APTITUD BIOFISICA POTENCIAL

La aptitud biofísica potencial para el área del plan parcial Santa Lucía se describe a continuación:



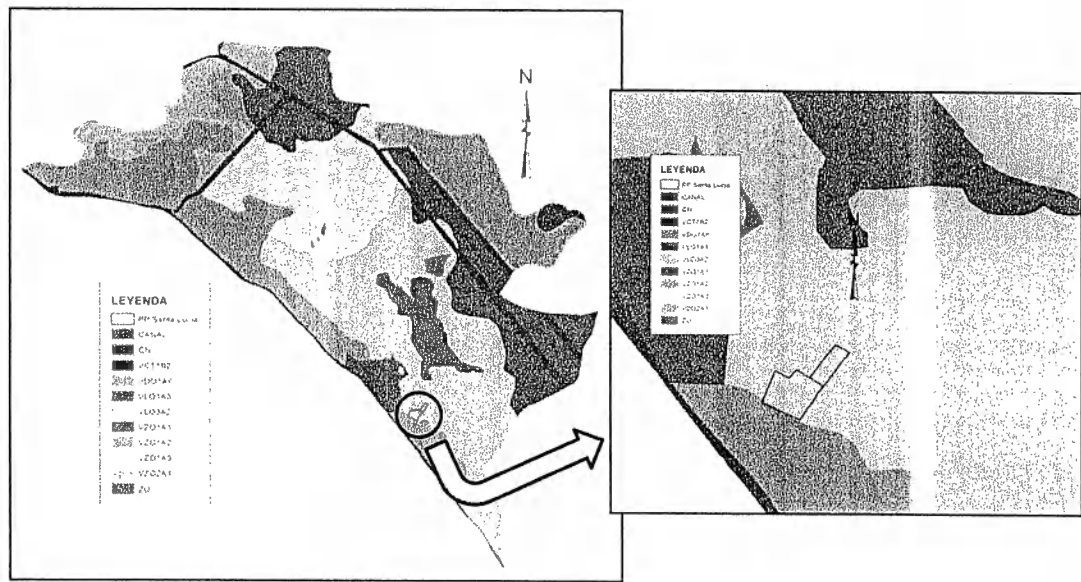
La aptitud como su nombre lo indica, determina la capacidad que posee el suelo para su uso. Esta capacidad está orientada, a la oferta productiva de éste, pero considerando: las restricciones ambientales mínimas exigidas, el periodo de recuperación del suelo, de manera tal que se defina su uso potencial mayor que desde el punto de vista ambiental debe ser considerado y a su vez le permita a la comunidad el aprovechamiento y uso del recurso suelo de forma sostenida, como parte de los usos recomendados del suelo. La aptitud del suelo donde se desarrollará el PP Santa Lucía es de "Mejoramiento de Praderas y Cultivos Transitorios con Riego".

MEJORAMIENTO DE PRADERAS Y CULTIVOS TRANSITORIOS CON RIEGO

Areas donde permite el establecimiento de pastos mejorados y/o de gramíneas de mayor rendimiento y la siembra de cultivos semestrales durante todo el año si se implementa el riego en la zona. El área comprende 2975.75 has.

6.5 ZONIFICACION AMBIENTAL

La zonificación ambiental para el área del plan parcial Santa Lucía se describe a continuación:



El diagnóstico es una etapa inicial en los procesos de planificación y ordenamiento del territorio; el cual tiene como fin integrar la información generada en la fase de caracterización, para así determinar la problemática y potencialidades del territorio. Esto se logra a través de la caracterización realizada en el mapa de zonificación ecológica, el cual considera los siguientes aspectos:

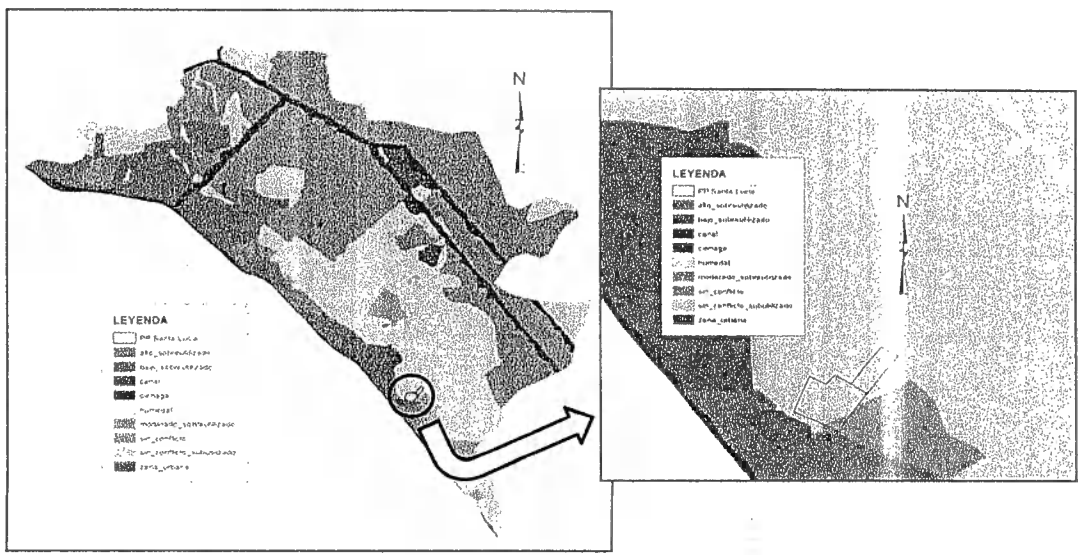
- ✓ Perímetro
- ✓ Area
- ✓ Clima
- ✓ Gran Paisaje
- ✓ Paisaje
- ✓ Litología
- ✓ Relieve
- ✓ Subpaisaje
- ✓ Morfodinámica
- ✓ Taxonomía del Suelo
- ✓ Características
- ✓ Hidrogeología
- ✓ -Cobertura predominante
- ✓ Uso predominante
- ✓ Susceptibilidad a fenómenos naturales

Esta zonificación es de vital importancia en la medida que define y describe las potencialidades y restricciones del municipio como insumo indispensable para la planificación y desarrollo de este.

VLO3A2	
CLIMA	semihumedo
GRAN_PAISAJC	planicie lacustre
PAISAJE	plano de inundacion
RELIEVE	relieve plano concavo sometido a inundaciones
MORFODINAMIC	sedimentacion y erosion
TAXONOMIA_DC	Aquic Ustifluvents typic Ustropepts
CARACTERISTIC	texturas moderadamente finas presencia de sales y sodio
HIDIGEOLOGIC	porosidad primaria baja agua clorurada sulfatada sodica bicarbonatada calcica dura a muy dura
COBERTURA_PC	gramineas naturales e introducidas, vegetacion sucesión bosque intervenido
USO_PREDOMIC	vegetacion protectora agricultura de subsistencia
SUBPAISAJE	basin erosionado
LITOLOGIA	sedimentos limo arcillosos en la parte superior intercalaciones de gravas arenas gruesas
S_A_FENOMENC	inundacion

6.6. CONFLICTOS DE USO

Los conflictos en relación con la aptitud de la tierra y el uso que se le dan, se ilustran a continuación:



El conflicto de uso, se define como la condición actual de divergencia que presenta el uso del suelo frente a sus potencialidades de uso; estas potencialidades consideradas como el manejo optimo que debe recibir el suelo, enmarcadas en un énfasis ambiental, que permita la sostenibilidad de este recurso en el tiempo.

Para el área del polígono del PP Santa Lucía, el conflicto de uso del suelo se clasifica como:

✓ Sin Conflicto

Areas que tienen un uso actual adecuado en relación con la aptitud y/o su capacidad de uso.

✓ Sin Conflicto Subutilizado

Areas que no presentan divergencia desde el punto de vista ambiental en relación con el uso, sin embargo el uso desde el punto de vista productivo es bajo; podría considerarse que no se le ha dado el aprovechamiento de acuerdo con su capacidad de uso.

El conflicto Subutilizado, designado en aquellas áreas que como uso se enmarcan en Bosque y/o consociaciones de Bosque con otros usos, de acuerdo con la matriz planteada, definen la subutilizacion del suelo; sin embargo, considerando la importancia que genera para un municipio planificar la conservación de las áreas posibles a ser demarcadas para el manejo ambiental, se considera importante entonces que los municipios procuren por la protección y conservación de estas áreas y no sean afectados directamente para uso agropecuario así posean esa aptitud, ya que las áreas de bosque natural que predominan en los municipios no son representativas y si es importante su preservación y conservación en procura de mantener y aumentar la oferta ambiental de cada uno de los municipios.

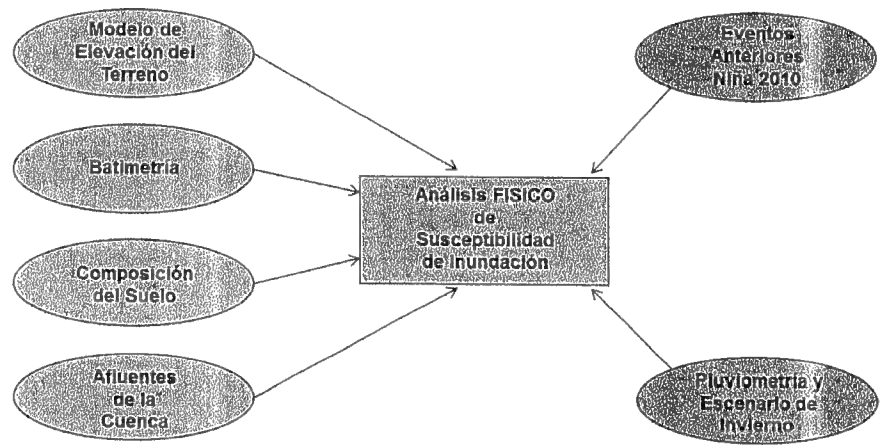
6.7. CONCLUSIONES

- En el polígono del PP Santa Lucía el suelo presenta vocación agrícola, en particular actividades relacionadas con Pastos mejorados y Gramíneas con sistemas de riego.
- El potencial productivo agropecuario es limitado respecto de la aptitud biofísica potencial, toda vez que es indispensable la implementación de un sistema de riego para el aprovechamiento del uso a del suelo.
- Con relación a la zonificación ambiental se debe considerar que el único aspecto que debe ser resaltado es su condición de vulnerabilidad a la inundación, aspecto que será evaluado más adelante.

7. EVALUACION DE LAS AMENAZAS

7.1. AMENAZAS POR INUNDACION

Las Variables tenidas en cuenta están expresadas según el modelo de IDEAM - modelo conceptual- La susceptibilidad a inundaciones se relaciona con la sensibilidad ambiental actual al fenómeno que a su vez se relaciona con variables hidrológicas y atmosféricas en un modelo hídrico - atmosférico.



Metodología IDEAM para Inundación

7.1.1. DEFINICIONES

Cuerpos de agua: Un cuerpo de agua es una masa o extensión de agua, que cubre parte de la tierra. Algunos cuerpos de agua son artificiales o naturales.

Zonas susceptibles de Inundación: Áreas que por las condiciones geomorfológicas y características intrínsecas del terreno son propensas a la ocupación de aguas, ya sea por dinámica fluvial o saturación del suelo por efecto de lluvias.

Zonas Inundadas: Corresponde a la demarcación de la extensión cubierta y/o cota alcanzada por las aguas durante las inundaciones por el fenómeno de La Niña 2010-2011.

Zonas inundables: Corresponde a la zona de inundaciones recurrentes según el registro histórico de eventos, en los terrenos susceptibles de inundación.

Amenaza por Inundación: La probabilidad de que se presente una inundación en un periodo de tiempo determinado (10, 25, 50 y 100 años) y en un área específica que pueda causar daños o pérdidas físicas

7.1.2. ALCANCE

Para la evaluación de las amenazas por inundación se tuvieron las siguientes consideraciones:

- ✓ Identificación y delimitación de áreas inundables, con prioridad en las áreas afectadas por la emergencia de acuerdo con el registro oficial de municipios donde se han reportado emergencias por inundación de la Dirección Nacional de Gestión de Riesgos del Ministerio del Interior y Justicia.
- ✓ Delimitación de las zonas inundables de la cuenca baja del Magdalena Cauca a escala 1:10.000 se debe tomar como información de línea base (cuerpos de agua y zonas inundables) del reporte oficial No. 5 del 7 de Abril de 2011 elaborado por IDEAM DANE-IGAC.
- ✓ Identificación y delimitación de áreas inundables se debe realizar en lo posible a escala 1:2.000 con base en la cartografía oficial.

7.1.3. UNIDAD DE ANALISIS

La delimitación de las zonas inundables se debe presentar en la unidad de trabajo definida como subzona hidrográfica o nivel subsiguiente de acuerdo con el Mapa de zonificación Hidrográfica del IDEAM.

7.1.4. CRITERIOS GENERALES

Los criterios generales establecidos para este proyecto son los siguientes:

- ✓ Identificación y delimitación de cuerpos de agua, zonas inundadas y zonas inundables se debe realizar con base en sistemas morfogénicos a escala 1:5.000 y coberturas de la tierra a escala 1:5.000, ajustado con información disponible en la Corporación a escalas más detalladas, interpretación de imágenes de satélite y fotografías aéreas y levantamiento de campo.
- ✓ Considerar mínimo tres eventos extremos de lluvia registrados en la cuenca, durante el fenómeno de La Niña 2010 – 2011, para delimitar las zonas inundadas. La delimitación de zonas inundables debe permitir priorizar las áreas específicas donde se requieren estudios detallados e intervención inmediata debido a la localización de asentamientos humanos y/o actividades de importancia socioeconómica y ambiental.

7.1.5. ACTIVIDADES DE IDENTIFICACION Y DELIMITACION DE LAS ZONAS INUNDABLES

Las actividades que se deben realizar para la identificación y delimitación de las zonas inundables corresponden a:

- Ajustes de la base cartográfica a escala 1:5.000
- Zonificación de áreas susceptibles de inundación.
- Delimitación de las zonas inundadas.
- Identificación y delimitación de las zonas inundables

7.1.6. CRITERIOS GEOMORFOLOGICOS PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES EN COLOMBIA

Se toma como concepto básico el “Sistema Morfogénico” IDEAM (2010), para una primera identificación y delimitación de zonas inundables que se define como el conjunto de procesos interdependientes que generan un modelado específico en un espacio determinado. Los procesos que funcionan en un espacio definido y que integran el sistema morfogénico están condicionados por factores como la estructura geológica (litología y tectónica), las condiciones bioclimáticas, la pendiente, los modelados heredados y las formas de ocupación antrópica.

El Modelado es el conjunto de formas y de formaciones superficiales resultante de los procesos ligados a la dinámica externa. Estas unidades espaciales han sido descritas en la publicación del IDEAM (2010) “Sistemas Morfogénicos del territorio colombiano”. En Colombia se han interpretado, delimitado y analizado a nivel nacional (escala 1: 500.000) los principales Sistemas Morfogénicos para la escala de trabajo y en cada uno de ellos se ha identificado y definido los procesos morfodinámicos dominantes que son resultado tanto de la propia naturaleza morfodinámica evolutiva como también por la influencia humana. Allí es posible identificar en los diferentes niveles jerárquicos las geoformas o mejor, los sistemas morfogénicos que por su naturaleza presentan el proceso de inundación. En este sentido, las zonas inundables se consideran un Sistema Morfogénico delimitable espacialmente, con unos procesos morfodinámicos propios y en los cuales los grupos humanos por su oferta ambiental se han emplazado.

Pero no solamente con identificar y delimitar las unidades potencialmente inundables se tiene plena claridad y certeza de la ocurrencia del fenómeno de inundación; es necesario identificar la Amenaza entendida tanto como el proceso dominante para cada Sistema Morfogénico como su continuidad (frecuente, ocasional, esporádico) y el grado de severidad (Alto, Medio, Bajo).

Una vez desarrollados lo anterior, es decir una vez establecida la amenaza, se puede determinar el riesgo (no está incluido en el estudio) , involucrando la localización de personas y planes expuestos, es decir su grado de vulnerabilidad, lo cual constituye una operación bastante compleja, ya que implica conocer todos estos factores y elementos para cada una de las amenazas (Cardona, 1988).

Es de aclarar que para poder realizar una verdadera evaluación de la amenaza por inundación, es necesario considerar todos los elementos que influyen en la misma. De otro lado, no puede ignorarse que algunas de las amenazas pueden ser mitigadas por medio de obras de ingeniería o bien con previo conocimiento de las dinámicas y por tanto con una mejor localización de las mismas. Esto incluye formas de construcción (ej., una vía o un canal), materiales y tratamiento de las áreas modificadas que permiten reducir el grado de vulnerabilidad y por tanto de riesgo.

Desafortunadamente en Colombia, un gran porcentaje de la población, principalmente aquella de menores recursos económicos, se encuentra asentada en áreas con un alto grado de amenaza, como en las áreas inundables, áreas montañosas propensas a deslizamientos o flujos de lodo, entre otros.

Las Unidades (Sistemas Morfogénicos) identificadas que presentan tanto el proceso como la amenaza por Inundación son:

Proceso de Inundación según Geomorfología

MACROUNIDAD	SISTEMA MORFOGENICO	PROCESOS DOMINANTES	AMENAZA		
			Tipo	Grado	
MONTAÑA MEDIA	Cañones	Cañones en condiciones de tendencia seca	•Esgurrimiento superficial difuso y concentrado con truncamiento de suelos	•Inundación de vegas y terrazas por eventos torrenciales	Alto
	Altiplanos y sus bordes		•Colmatación de cuerpos de agua residuales •Inundaciones y encharcamiento •Inundaciones por desborde de corrientes •Retracción de arcillas con formación de grietas en los suelos	•Inundaciones, encharcamiento, Inundación por desborde	Bajo

	Valles controlados por plegamiento y fallas menores		<ul style="list-style-type: none"> • Aluvionamiento y coluvionamiento 	• Inundaciones frecuentes	Medio
	Valles con formaciones aluviales amplias		<ul style="list-style-type: none"> • Procesos leves de tunelización • Escurrimiento superficial con surcos • Aluvionamiento 	• Inundaciones ocasionales	Alto
DEPRESIONES TECTONICAS	Llanuras	Valles Aluviales	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación en los lechos principales • Derrumbes o desprendimientos en las bermas de las terrazas por socavamiento • Ruptura de diques • Encharcamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones frecuentes en las terrazas bajas y cubetas • Derrumbes en bordes de terrazas encajonadas 	Medio
		Llanura de desborde sin ciénagas	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación en cubetas, diques y orillares por aluvionamiento • Desbordes • Encharcamiento • Formación de meandros y cauces abandonados • Rupturas de diques 	• Inundaciones frecuentes	Medio
		Llanura de desborde con ciénagas	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones • Aluvionamiento • Desbordes • Encharcamiento • Colmatación de ciénagas por sedimentación • Rupturas de diques • Impermeabilización de suelos • Variación del nivel freático 	• Inundaciones frecuentes	Alto
LITORALES	Delta		• Acreción por	• Inundaciones	Medio



			<ul style="list-style-type: none"> sedimentación • Pérdida por deriva litoral • Subsistencia • Inundaciones (desbordes) y encharcamiento • Cambios de curso 	<ul style="list-style-type: none"> frecuentes • Posibilidad de avulsión y erosión por avance marino • Difluencias ocasionales 	
	Litoral de dominio micromareal	Depósitos litorales recientes	<ul style="list-style-type: none"> • Erosión marina • Removilización de sedimentos en dirección SE por la influencia de los vientos Alisios • Acumulaciones de arena detrás de la línea de playa, formando ciénagas • Retención de sedimentos de deriva por pequeños hundimientos y levantamientos por diapirismo de lodo • Aporte de materiales gruesos en playas (bloques, gujarros, arena y restos vegetales) 	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones frecuentes • Destrucción en el largo plazo por avance marino • Mar de leva esporádico • Sedimentación de ciénagas acelerada 	Medio
	Litoral de dominio macromareal	Delta	<ul style="list-style-type: none"> • Acreción por sedimentación • Pérdida por deriva litoral • Subsistencia • Inundaciones (desbordes) • Avulsión (cambios de curso) • Deslizamientos y pequeños derrumbes en bordes de terrazas bajas 	<ul style="list-style-type: none"> • Tsunamis esporádicos • Posibilidad de erosión por avance marino • Subsistencia local • Inundaciones frecuentes • Difluencias ocasionales 	Alto

DOMINIO AMAZONICO	Terrazas bajas		<ul style="list-style-type: none"> •Disección incipiente •Encharcamiento de suelos •Inundaciones y desbordes ocasionales •Esguerrimiento sub-superficial con formación de pequeños túneles (sufosión) 	<ul style="list-style-type: none"> •Pérdida de suelos por aceleración del esguerrimiento •Desbordes ocasionales 	Medio	
	Llanura aluvial de desborde de los ríos amazónicos		<ul style="list-style-type: none"> •Inundaciones periódicas •Sedimentación •Divagación de los cauces •Aluvionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> •Inundaciones frecuentes 	Alto	
	Llanura aluvial de desborde de los ríos andinos					
	Valles coluvio-aluviales		<ul style="list-style-type: none"> •Acumulación de materiales coluvio-aluviales •Esguerrimiento superficial en los interfluvios Coluvionamiento en los valles 	<ul style="list-style-type: none"> •Socavamiento lateral •Inundaciones periódicas 	Bajo	
DOMINIO ORINOQUES		Llanura aluvial del Orinoco	Aluvionamiento interrumpido por raudales en un nivel de base local alto	<ul style="list-style-type: none"> •Inundaciones 	Medio	
	Sistemas aluviales de la altillanura	Terraza derecha del río Meta	<ul style="list-style-type: none"> •Socavamiento lateral sobre los bordes de la terraza debido a los aportes de los ríos del Llano •Coluvionamiento procedente de la altillanura •Inundaciones •Encharcamiento •Disección leve por esguerrimiento superficial 	<ul style="list-style-type: none"> •Derrumbe de la terraza por socavamiento lateral •Inundaciones frecuentes 	Medio	
		Llanuras aluviales de la altillanura	<ul style="list-style-type: none"> •Divagación de los ríos con formas 	<ul style="list-style-type: none"> •Inundaciones periódicas 	Medio	

			<ul style="list-style-type: none"> meándricas •Socavamiento lateral •Desprendimientos en las bermas •Sedimentación 	<ul style="list-style-type: none"> •Desprendimientos en las bermas por socavamiento lateral 	
		Valles coluvio-aluviales	<ul style="list-style-type: none"> •Sedimentación coluvio-aluvial •Inundaciones durante la estación lluviosa y encharcamiento más prolongado en valles menores y esteros •Divagación de cauces 	<ul style="list-style-type: none"> •Inundaciones frecuentes y encharcamientos prolongados 	Alto
	Llanos orientales	Llanura eólica heredada	<ul style="list-style-type: none"> •Esguerramiento superficial difuso con truncamiento de suelos leve y formación de surcos 	<ul style="list-style-type: none"> •Aluvionamiento en los bordes de las dunas •Inundaciones parciales de espacios interdunares •Diseción leve con formación de colinas •Encharcamiento, inundaciones y sedimentación leve de áreas planas (llanura aluvial) 	Medio
	Sistemas aluviales de los Llanos Orientales	Llanura de desborde heredada	<ul style="list-style-type: none"> •Encharcamientos frecuentes •Inundaciones en los bajos 	<ul style="list-style-type: none"> •Encharcamientos frecuentes e inundaciones en los bajos 	Bajo
		Pantanos de Arauca	<ul style="list-style-type: none"> •Inundaciones frecuentes •Desbordes •Aluvionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> •Inundaciones •Desbordes 	Medio
		Terrazas medias y altas	<ul style="list-style-type: none"> •Inundaciones frecuentes •Encharcamiento •Difluencia de ríos •Socavamiento lateral •Esguerramiento 	<ul style="list-style-type: none"> •Aceleración del esguerramiento superficial •Inestabilidad por socavamiento lateral 	Medio

		superficial difuso		
	Terrazas bajas	<ul style="list-style-type: none"> • Encharcamientos por lluvia • Inundaciones por desborde 	<ul style="list-style-type: none"> • Aceleración del escurrimiento superficial • Inundaciones por desborde ocasionales 	Medio
	Llanura aluvial actual	<ul style="list-style-type: none"> • Aluvionamiento e inundación de cubetas • Socavamiento lateral • Divagación de cauces con formación de meandros • Coluvionamiento leve 	<ul style="list-style-type: none"> • Torrencialidad • Inundaciones y encharcamientos • Desbordes • Divagación y cambios de los cauces 	Alto (ríos trezados) Bajo (ríos meándricos)

Grado alto: Se refiere a aquellas amenazas cuya capacidad devastadora es elevada

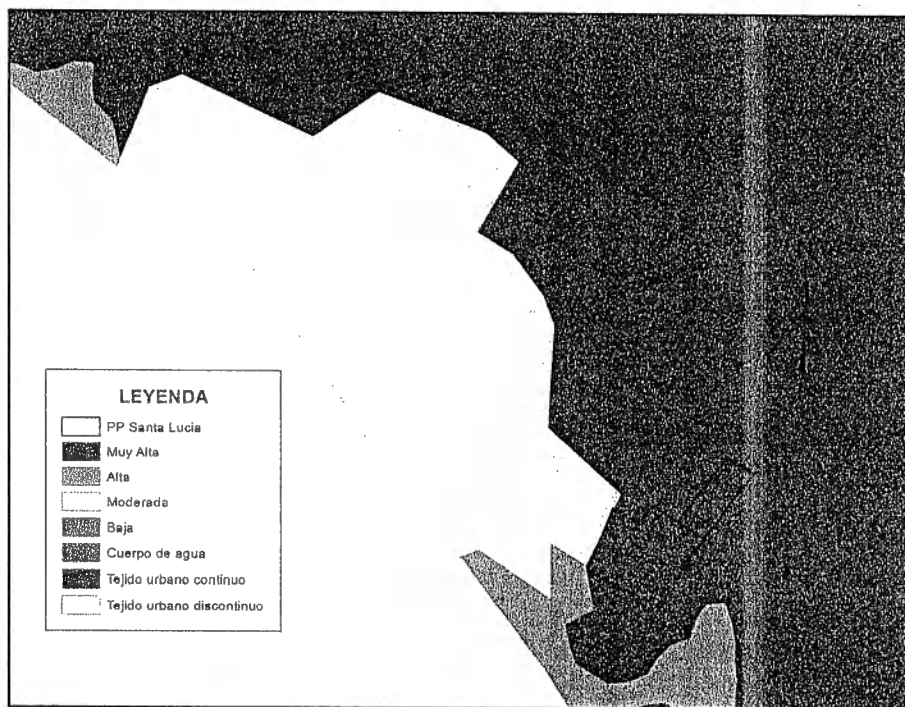
Grado medio: Se refiere a aquellas amenazas que aunque presentan consecuencias devastadoras en términos ambientales, constituyen un menor grado de amenaza. Como ejemplo se citan las inundaciones en terrazas bajas, las cuales ocurren con una frecuencia determinada, pero no constituyen una amenaza tan grave como una inundación en una llanura aluvial, por ejemplo.

Grado bajo: Se incluyen bajo este grado, procesos que no constituyen ningún tipo de amenaza devastadora en términos ambientales. Como ejemplo se citan los encharcamientos, que aunque cubren grandes áreas, no representan graves peligros para la población.

Esta tabla muestra las unidades espaciales que en Colombia han sido identificadas como aquellas áreas en las cuales los procesos y amenazas inherentes se relacionan con la dinámica exclusivamente de Inundaciones Lentas bien sea por desbordamiento de los cursos de agua, encharcamientos e inundaciones por acumulación de agua lluvia.

De esta manera, el cuadro anterior se convierte en el criterio fundamental para la identificación de áreas inundables en Colombia (primer nivel de análisis) y se toma como criterio las columnas "Sistemas Morfogénico". La columna Procesos Dominantes identifica los procesos morfodinámicos potenciales y actuales de las unidades, los cuales deben ser corroborados en campo. La columna Amenaza representa la confirmación del proceso dominante, que hace énfasis en la importancia de la ocurrencia del proceso en el espacio y en tiempo (frecuencia). El grado de la Amenaza orienta los estudios en la identificación de las zonas inundables en el sentido de prioridades de trabajos puntuales, investigación, acción y gestión.

Por esta razón se procedió a evaluar las amenazas por inundación consecuencia de precipitaciones y/o desbordamientos del Rio Magdalena y el Canal del Dique, de manera que se reconfirmara la existencia de amenaza por Inundación en el área del Plan Parcial.



Como se evidencia en el mapa de susceptibilidad de amenazas por inundación elaborado para el Departamento del Atlántico, el área del PP Santa Lucía se encuentra localizada en una zona de susceptibilidad MUY ALTA a inundación.

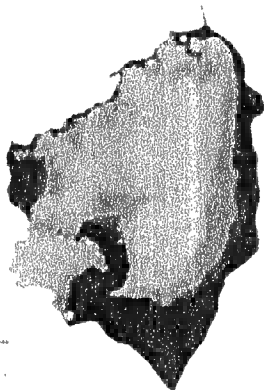
Metodológicamente, la susceptibilidad de amenazas por inundación se identifica a partir del protocolo establecido por el IDEAM para este tipo de evaluaciones. Este protocolo, establece el análisis de las siguientes variables:

- *Precipitación:*

El mapa de precipitación usado es una interpolación que representa el promedio de 30 años de los valores medios de la precipitación anual (normal climatológica) a partir de las series históricas de las estaciones meteorológicas del IDEAM en el departamento del atlántico y la región Caribe. La ponderación de la precipitación media anual expresada en mm es así: 500 – 1500 (2), 1500 – 2000 (3), 2000-2500 (4), 2500 – 3000 (5).



• *Altura:*



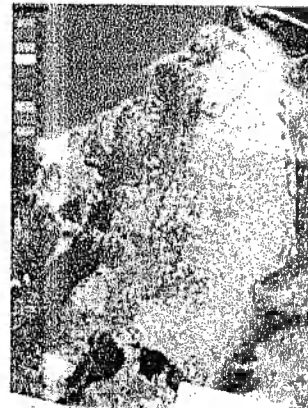
La altura media al nivel del mar se obtuvo a partir del modelo de elevación digital – DEM de 30m, obtenido del SRTM y las imágenes ASTER (ASTGTM_N10w075, N11W075, N10W76).

Debido a que en el último fenómeno de La Niña el nivel del río subió a más de 9 m la ponderación de esta variable es: alturas < 8m (5), 8-9.5 m (4), 9.5 – 10 m (3), > 10 m (2).



• *Formas del Terreno:*

Se empieza con una clasificación (Surface Analyst) del modelo de elevación digital que dependiendo a la longitud, forma y ancho genera 10 tipos diferentes de formas de terreno, y con ayuda de la interpretación de 4 imágenes SPOT (641-329_2080212, 641-328_050530, 642-329_061006, 642-328_050215) se mejora el detalle y se reclasifica dependiendo de su naturaleza en las 5 clases de susceptibilidad.



• *Unidades Hidrológicas:*

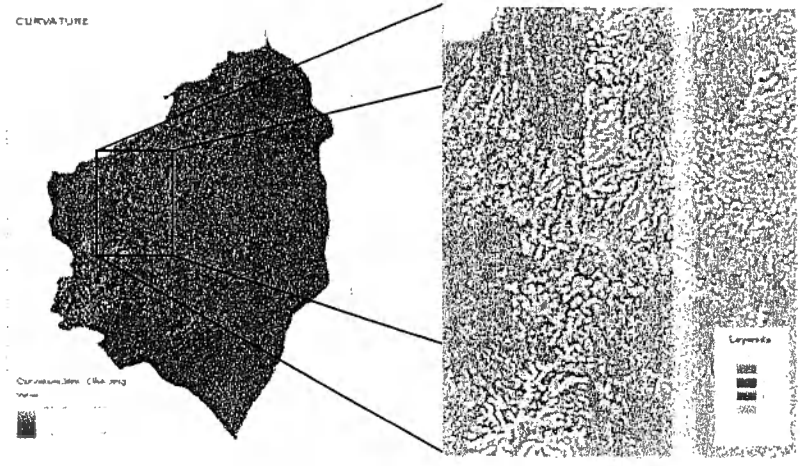
Se tuvo en cuenta el mapa de unidades hidrológicas del Plan de Manejo Ambiental del Atlántico.

El raster fue reclasificado bajo una ponderación según la descripción del nivel de susceptibilidad de las unidades a inundarse.



• *Forma de la Pendiente:*

Expresa la concavidad o convexidad de las pendientes, usando el logaritmo (CURVATURE) del Surface Análisis. La ponderación se genera así: Las Pendientes positivas = convexa con valores de 2 a 5; dependiendo de la distribución de los valores (Histogram) y las negativas = Concavas (1).



• *Acumulación de Flujo (FAC):*

A través de módulo Arc Hydro se calcula la acumulación de flujo luego de los siguientes pasos: ajustes al DEM con la red de drenaje, rellenado del DEM y dirección de flujo. Se escoge un umbral y se reclasifica dependiendo del valor de la acumulación de flujo 0 -1.



• *Inundación Niña 2010 – 2011:*

Se digitalizo a escala 1:25.000 la inundación ocurrida por el fenómeno de la niña, incluyendo la inundación del canal del dique y las inundaciones de la margen izquierda del rio magdalena donde algunos jarillones estaban rotos.



7.2. AMENAZAS POR REMOCION EN MASA

Cuando se habla de terrenos inestables, de manera general y sencilla, se hace referencia a un movimiento del terreno hacia abajo de la pendiente. En particular, se origina cuando en las pendientes naturales decrece la capacidad para resistir las fuerzas de gravedad, las cuales entran en fases de desequilibrio a causa de las modificaciones geométricas del relieve, originadas por factores como la disminución de la cohesión interna, la presión de agua, etc. Los terrenos inestables pueden movilizarse de forma lenta, rápida y extremadamente rápida, según la topografía, el tamaño de la masa de suelo o roca afectada, el modo de falla y la acción del agua, entre otros factores. Pueden activarse o acelerarse a causa de terremotos, erupciones volcánicas, precipitaciones, aumento de nivel de aguas subterráneas, por erosión y socavamiento de los ríos.

El movimiento de terrenos es perceptible y se le llama deslizamiento, colada o flujo superficial, derrumbes etc. Puede presentarse como material en caída libre por los acantilados o en masas fragmentadas o integras que se deslizan por las pendientes de los cerros o en coladas fluidas. Las velocidades de movilización de estos fenómenos pueden variar desde unos centímetros por año hasta alcanzar unos 200 km/hora. Pueden durar unos pocos segundos o algunos minutos, o pueden ser graduales o lentos durante varias horas o años.

Los factores que contribuyen a producir y a disparar un movimiento en masa son múltiples; rara vez actúa uno solo. Hay factores que contribuyen a crear una situación de inestabilidad en una masa de terreno, como puede ser la topografía regional con sus pendientes naturales, la geometría propia de los taludes, la naturaleza de la roca y/o suelo, la presencia de discontinuidades en una masa rocosa y la estratificación de la roca (orientación y ángulo de inclinación de la roca), la presencia de depósitos profundos arcillosos en la secuencia litológica, las características mecánicas de la roca (resistencia a la deformabilidad y a la compresibilidad), el estado de esfuerzo que actúa en el interior de una masa material, el grado de alteración hidrotermal de las rocas, etc.

Otros factores determinantes son las precipitaciones pluviales normales y extraordinarias, la filtración de agua pluvial en el terreno, las variaciones de temperatura, la erosión, la acción humana de deforestación y cortes de taludes, el asentamiento humano en las laderas y otros fenómenos naturales, como sismos, erupciones volcánicas e inundaciones. Estos factores pueden ser permanentes y variables. Los factores permanentes son las características del terreno como la pendiente y la geología entre otros. La alternancia de litologías con características mecánicas diferentes y la presencia de arcilla, la fracturación de las rocas y la alteración hidrotermal representan un factor de inestabilidad de naturaleza geológica permanente. Los factores variables son las

características del terreno que cambian rápidamente como resultado de algún evento gatillo o acelerador. Entre ellos están la humedad del suelo debido a intensas precipitaciones, la elevación del nivel de aguas subterráneas, vibraciones del suelo etc.

Los deslizamientos rápidos y los derrumbes se incuban durante largos períodos y sólo aguardan un factor desencadenante para producir un episodio catastrófico (sacudidas sísmicas, lluvias intensas, explosiones, cortes de talud u otras intervenciones humanas, etc.). Sin embargo buena parte de los deslizamientos superficiales recientes corresponden al desenlace de un proceso lento y de larga duración conocido como deslizamiento pelicular (que afecta la capa superficial de suelos) y que al sobresaturarse fluyen como un líquido viscoso. Los deslizamientos rápidos y fenómenos afines están relacionados, en la gran mayoría de casos, con procesos de aceleración de deslizamientos mayores y complejos, pertenecientes a la categoría de deslizamientos lentos y permanentes.

7.2.1 CLASIFICACION DE TERRENOS INESTABLES

Los movimientos en masa son fenómenos que ocurren generalmente combinados y son de naturaleza compleja, siendo por ello muy difíciles de clasificar; sin embargo algunos autores, entre ellos D.J. Varnes (1978), J.N. Hutchinson (1968), Skempton y Hutchinson (1969) y otros, han propuesto clasificaciones para los movimientos en masa que ocurren con más frecuencia. Existen clasificaciones de deslizamientos atendiendo al tipo de movimiento, al contenido de agua, a la velocidad del movimiento, a la profundidad de la superficie de ruptura, y al estado de la actividad.

Los deslizamientos (que son una parte de los llamados movimientos de masa o terrenos inestables) pueden ser clasificados según su actividad en:

- **Subestabilizados a lentos:** cuando presentan movimientos de 0-2 cm/año
- **Poco activos:** cuando presentan movimientos de 2 a 10 cm /año
- **Activos con fases rápidas:** presentan movimientos con velocidades mayores a 10 cm/año.
- **Deslizamiento superficial:** La profundidad de la superficie de ruptura está entre 0 y 2 m.
- **Deslizamiento semi-profundo:** superficie de ruptura tiene profundidades entre 2 y 10 m.
- **Deslizamiento profundo:** la profundidad de la superficie de ruptura es mayor de 10 m

Una de las clasificaciones más utilizadas para distinguir los terrenos inestables o movimientos en masa se basa sobre el tipo de movimiento (Clasificación de Varnes): derrumbes o caídas, basculamiento, arrastre, deslizamientos, y flujos o coladas. De estos los más comunes en el Atlántico son los derrumbes o caídas, los deslizamientos y los flujos o coladas.

7.2.1.1. Derrumbes o caídas:

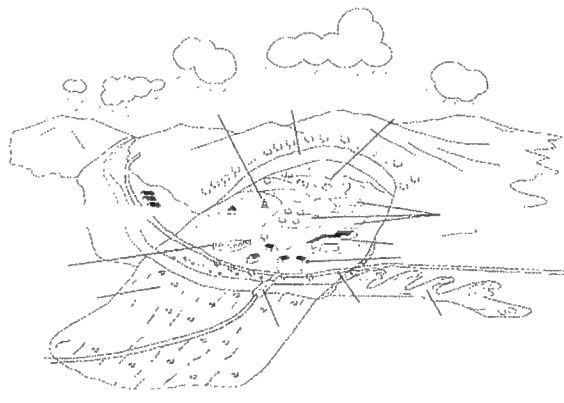
La masa de rocas o el bloque de rocas se desprende de una ladera y cae por acción de la gravedad, sin tener una superficie real de deslizamiento. El



material se acumula en la base del acantilado formando una pendiente, lo que generalmente constituye una amenaza adicional, ya que puede removilizarse.

7.2.1.2. Deslizamientos:

Se definen como el movimiento de una masa de rocas o suelos a lo largo de una superficie de ruptura. Implica tanto fenómenos lentos como episodios rápidos. El movimiento puede ser de tipo rotacional, traslacional, plano o complejo. Pueden ser superficiales o profundos.



Derrumbes (Fuente: Varnes 1978)

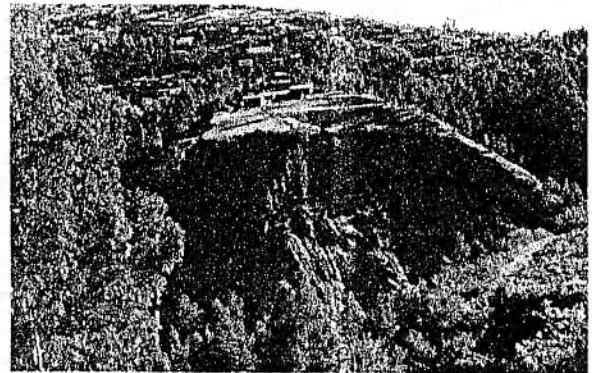
Deslizamientos Subestabilizados: Se refiere a masas inestables que tienen una actividad mínima o están estabilizados. Significa que fueron activos en tiempos pasados y que actualmente no se mueven al haber cambiado las condiciones que facilitaban su actividad (cambios climáticos, erosión o profundización de cauces -lo que los ha dejado "colgados"- o por haber alcanzado una pendiente inferior a la de su ángulo de reposo). En ambos casos se asume que no representan mayor peligro.

Deslizamientos peliculares: el terreno presenta una morfología típica de cáscara de naranja, con pequeñas ondulaciones, con diámetros promedio de hasta 1 metro y profundidades entre 1 y 2 metros. Evoluciona hacia una forma de escalones o rombos que se conoce como caminos de vaca. Este tipo de deslizamientos afecta fundamentalmente la cubierta edáfica, depósitos aluviales y coluviales finos, generalmente sobre pendientes mayores a 20°. La velocidad de movimiento de este fenómeno es lenta; sin embargo es susceptible a degenerar en coladas y deslizamientos rápidos tipo coladas de lodos y detritos. Es un fenómeno que ocurre mucho en la región norte colombiana, relacionado fundamentalmente al uso intensivo e inadecuado del suelo. La única forma de detectarlos es por su típica apariencia ondulada (cáscara de naranja y caminos de vaca), especialmente

en terrenos de cultivo o pastoreo. Es importante identificarlos, por las coladas que pueden originar.

Deslizamientos rotacionales: Existe una superficie de ruptura cóncava o curvada sobre la cual se mueve la masa inestable. Se puede originar en terrenos cohesivos, isotrópicos u homogéneos y rápidamente evoluciona hacia mecanismos más complejos.

Deslizamientos traslacionales: la masa se desplaza a lo largo de una superficie de ruptura planar u ondulada. Son relativamente más cortos que los deslizamientos rotacionales. Ejemplo de ello se observa en la foto abajo presentada.



Deslizamiento rotacional y Deslizamiento traslacional

Coladas: son el resultado del movimiento de una masa de material sobresaturado, casi en estado líquido, de carácter rápido y generalmente formando un perfil longitudinal alargado con un cono terminal. La superficie de corte o ruptura usualmente no se preserva. El material en movimiento generalmente corresponde a los primeras niveles de suelo o a la cobertura vegetal. Si este material llega a un curso de agua podría contribuir a la formación de flujos de lodo y escombros y otros procesos torrenciales combinados.

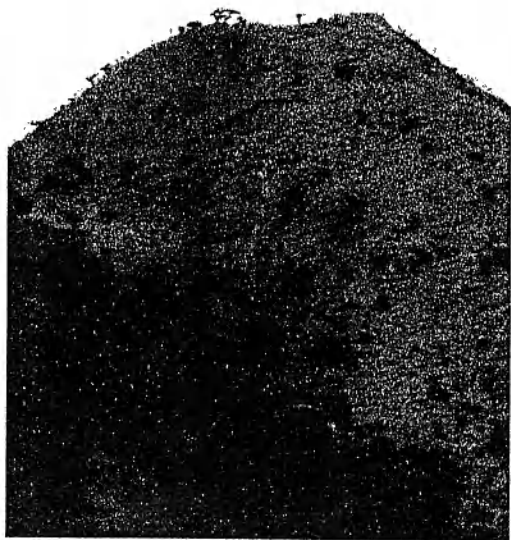
En dependencia del tipo de material desplazado y de la cantidad de agua involucrada puede haber coladas de lodo, de tierra y de detritos o de escombros.

- a. Coladas de lodo: el material en movimiento es una mezcla de material de granulometría fina como arcilla con abundante agua.
- b. Coladas o flujos de detritos: son flujos de material granular y escombros que presentan una matriz areno-arcillosa que en su conjunto se movilizan a través de canales preexistentes o formados por el mismo

AT

flujo. Frecuentemente presentan altas densidades con un 80% de sólidos por peso. El material grueso forma, a los lados del canal, estructuras conocidas como levees (producto de la fricción), mientras que el material fino continúa su movimiento hacia abajo.

Los lahares son flujos de detritos que se producen en las laderas de los volcanes, están compuestos por cenizas volcánicas y fragmentos de rocas.



Coladas de Tierra

7.2.2 IDENTIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTOS

Los terrenos deslizamientos pueden ser identificados a través de observaciones e interpretaciones de los mapas geológicos y topográficos, de fotografías aéreas de diferentes años así como observaciones de campo.

En los **mapas topográficos** es posible observar disturbios o discontinuidades en las curvas de nivel (curvas no paralelas o caóticas) y relacionarlas con terrenos inestables. Para ayudar a visualizar estas discontinuidades pueden realizarse perfiles topográficos y geológicos, tanto en las áreas afectadas como en las áreas no afectadas; en mapas antiguos como en los más recientes, lo cual permite comparar la topografía y definir las áreas en deslizamiento. La densidad y tipo de drenaje es otro factor a considerar así como los cursos de ríos desviados. Toda esta información debe ser verificada en el campo.

En la siguiente tabla se presentan algunos criterios para la identificación de terrenos inestables en el campo:



Criterios para la Identificación de Deslizamientos

CRITERIOS POR TIPO	
Geomorfológicos	Terrenos en ligeras depresiones, relieve ondulado, existencia de escarpas y contra pendientes. Fuerte pendiente en la Cabecera o nicho de arranque, seguido de una contra pendiente y un cuerpo ondulado.
Geológicos	Rocas alteradas, discontinuidad de afloramiento no explicados por fallas, estructuras de forma irregular, capas de suelo relativamente potente, material poco consolidado o deleznable.
Hidrogeológicos	Abundancia relativa de agua (zonas con mayor verdor que en sus vecindades), régimen cambiante de manantiales, aparición de pantanos en las cabeceras y al pie de los deslizamientos, desviación de ríos hacia la orilla opuesta.
Vegetación	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, troncos torcidos y /o inclinados, ruptura de raíces y raíces tensas, cubierta de pasto discontinuo.
Infraestructura	Postes inclinados, cables tensos o catenaria excesiva, casas y otras construcciones agrietadas o inclinadas, grietas u ondulaciones y hundimientos en los pavimentos, cercos desplazados o descuadrados.
Toponimia	Muchos deslizamientos o zonas de inestabilidad tienen nombres característicos como Cerro de Agua, Volcán, Zompopo, Zompopero, Cerro Partido etc.
Históricos	Testimonios de eventos pasados.

7.3 EVALUACIÓN DE DESLIZAMIENTOS

En el caso de las regiones cercanas al mar caribe, la calificación del nivel de amenaza geodinámica sólo puede lograrse a partir, fundamentalmente, de criterios subjetivos, pero fundados en sólidos conocimientos teóricos y en una sólida experiencia (métodos cualitativos). La calificación de amenaza se puede limitar a tres categorías (baja, media, alta).

En el ámbito de los deslizamientos, el grado de amenaza o de peligro podría ser establecido en función de la velocidad estimada del deslizamiento o de sus compartimentos.

7.3.1. Nivel de peligro alto

Se califican con nivel de peligro alto, aquellos deslizamientos activos, que presentan fuerte actividad o sufren procesos de aceleración, además de importantes modificaciones de la topografía, la infraestructura del sitio se observa fuertemente dañada, los árboles están inclinados, hay fracturas en el suelo y abundancia de manantiales por lo que se asume una velocidad de

movimiento alta. En los grandes deslizamientos, ésta velocidad puede variar por zonas o sectores, pudiendo haber deslizamientos secundarios que se mueven más rápido que otros, por la pequeñez de la escala no es posible hacer mayores diferencias.

7.3.2. Nivel de peligro medio

Son deslizamientos subactivos aquellos que presentan velocidades estimadas promedio inferiores a unos 3 cm/año. Pueden presentar algunos compartimentos más activos. El movimiento del terreno puede causar daños a la infraestructura, tales como fracturas en paredes y muros; se pueden observar deformaciones en las tuberías superficiales, como líneas de tendido eléctrico o telefónico, agua potable etc. Sin embargo aún podría estabilizarse el deslizamiento a través de obras o medidas de mitigación.

7.3.3. Nivel de peligro bajo

Esta categoría engloba una serie de fenómenos de inestabilidad con muy baja actividad o que no están del todo declarados. Sin embargo existen evidencias como pequeñas fracturas en la infraestructura o presencia de deslizamientos peliculares que pudieran acelerarse eventualmente.

7.4. EVALUACION POR DERRUMBES

Las zonas susceptibles de provocar derrumbes corresponden a acantilados rocosos, zonas fracturadas o diaclasadas de fuerte pendiente, que en Centroamérica son frecuentes al pie de las llamadas mesas, en las escarpas de deslizamientos y en zonas de cambio litológico, donde las rocas más duras dejan resaltos o tienen taludes más empinados o a zonas donde el hombre ha realizado cortes de talud (carreteras, canales, etc).

Criterios para la Identificación de Deslizamientos

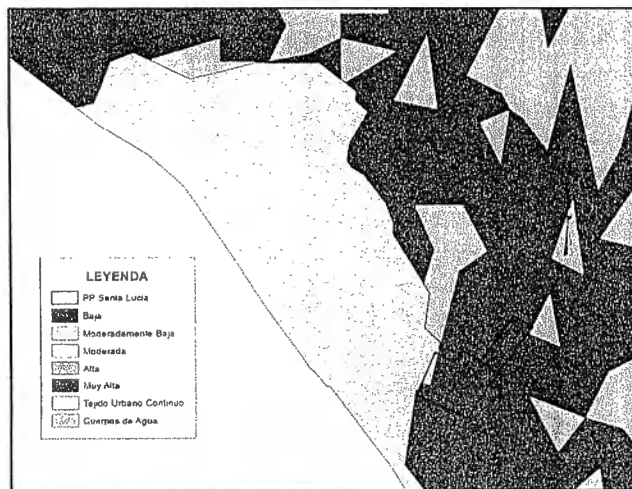
CRITERIOS POR TIPO	
Geomorfológicos	Zonas rocosas o acantilados de fuerte pendiente, existencia de conos coluviales con fragmentos angulosos, zona de acumulación al pie del acantilado.
Geológicos	Afloramientos rocosos fuertemente fracturados (Fallas, diaclasas, juntas), rocas alteradas, rocas intemperizadas
Vegetación	Cubierta vegetal ausente en zonas activas, abundante en zonas inactivas
Toponimia	Nombres típicos: El Derrumbadero, El Pedregal, Las Piedras etc
Históricos	Testimonios de pobladores

Para hacer una calificación de peligros, se debe saber que las franjas de peligro derivado de derrumbes están en relación directa con la distancia del acantilado susceptible de producirlos, al grado de fracturación, estado de la roca y volumen en movimiento. La franja más peligrosa es la más cercana a la pared rocosa y puede ser determinada aproximadamente por el tamaño mayor de los bloques caídos de roca. El peligro se reduce a medida que el material está más lejos de esa pared y el tamaño de los bloques disminuye. Una situación especial se da cuando al pie de la zona susceptible de producir derrumbes se encuentra una quebrada, pues en este caso, el derrumbe puede provocar un taponamiento de la quebrada, seguido por un desfogue (transferencia de peligro).

Los mapas a escala 1: 50.000 no permiten delimitar de manera precisa las zonas de derrumbe, debido a que, por lo general, se trata de franjas relativamente pequeñas. Con la escala de trabajo basta con señalar, lo más precisamente posible, los lugares donde haya más susceptibilidad o densidad de derrumbes. Puede recurrirse adicionalmente a croquis, fichas descriptivas y fotos. Si se trata de carreteras o canales, la ubicación puede indicarse citando las progresivas donde se encuentran las zonas peligrosas o alguna referencia geográfica o antrópica conocida.

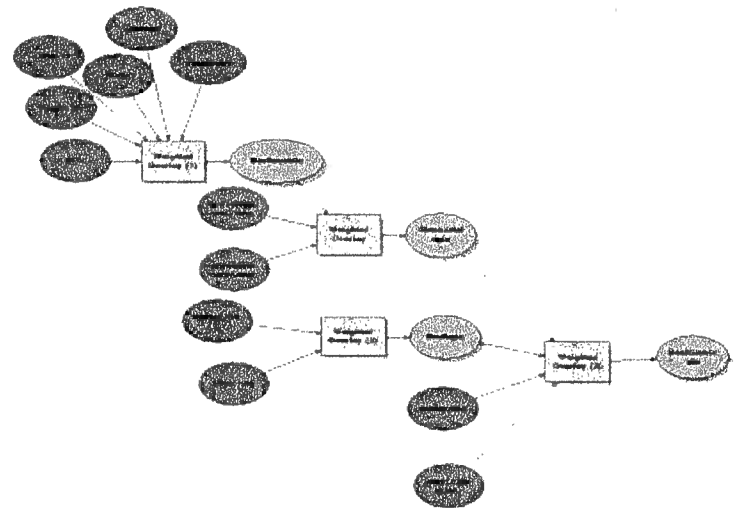
Crterios para la evaluación de derrumbes

CRITERIOS PARA EVALUACION DE DERRUMBES	
Bajo	Rocas duras pobremente fracturadas, como coluvial sin indicios de actividad reciente y cubierto de vegetación
Medio	Rocas con alteración moderada, fracturación inicial pero fracturas no muy abiertas o cerradas
Alto	<ul style="list-style-type: none"> - Rocas con fuerte alteración y profundidad de alteración - Presencia de fracturadas abiertas y diaclasadas - Alto grado de intemperismo - Escorrentía superficial o fuentes de agua - Conos coluviales vivos sin cobertura vegetal y bloques recientes



Como se evidencia en el mapa de susceptibilidad de amenazas por remoción en masa elaborado para el Departamento del Atlántico, el área del PP Santa Lucía se encuentra localizada en una zona de susceptibilidad BAJA a la remoción en masa.

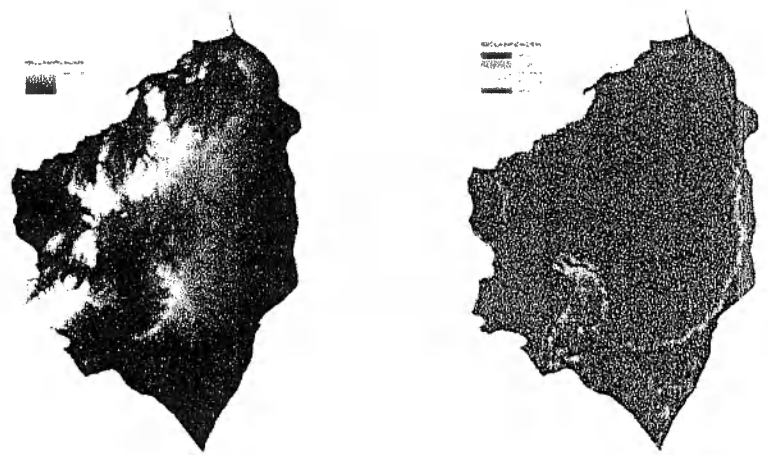
Metodológicamente, la susceptibilidad de amenazas por remoción en masa se identifica a partir del protocolo establecido por el algoritmo de Brovey para este tipo de evaluaciones. Este protocolo, establece el análisis de las siguientes variables:

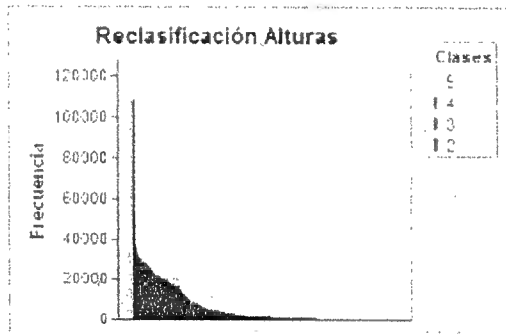


- Altura:

La altura media al nivel del mar se obtuvo a partir del modelo de elevación digital – DEM de 30m, obtenido del SRTM y las imágenes ASTER (ASTGTM_N10W075, N11W075,N10W76). Debido a que en el último fenómeno de “La Niña” el nivel del río subió a más de 9 m la ponderación de esta variable es: Alturas menores a 8m (5), Alturas entre 8 y 9.5 m (4), Alturas entre 9.5 y 10 m (3), Alturas mayores a 10 m (2).

El protocolo utilizado para la elaboración del Mapa de Susceptibilidad de Amenazas por Remoción en Masa, se basa en la metodología del orden nacional establecida para este análisis. A continuación se presenta el proceso de reclasificación realizado.





- Pendiente:

Debido a que el fuego tiende a propagarse de una forma más expensa y rápida en terrenos con mayor pendiente, la reclasificación de esta variable fue tomada en cuenta.

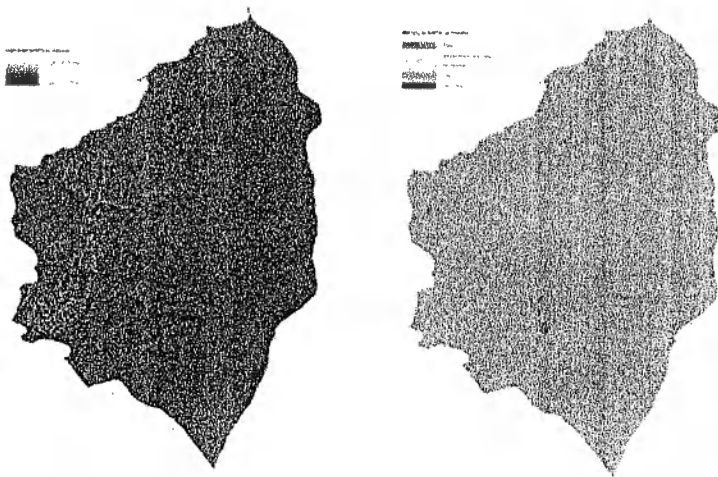


GRADOS	CLASIFICACION
0 - 2	Plana o casi plana
2 - 4	Suavemente inclinada
4 - 8	Inclinada
8 - 16	Mucho aumento pendiente
16 - 32	Pendiente
32 - 55	Muy pendiente
> 55	Extremadamente pendiente

0-4 - muy baja
4-8 - baja
8-16 moderada

- Curvatura de la Tierra:

Expresa la concavidad o convexidad de las pendientes, usando el logaritmo (CURVATURE) del Surface Análisis. La ponderación se genera así: Las Pendientes positivas = convexa con valores de 2 a 5; dependiendo de la distribución de los valores (Histogram) y las negativas = Concavas (1).



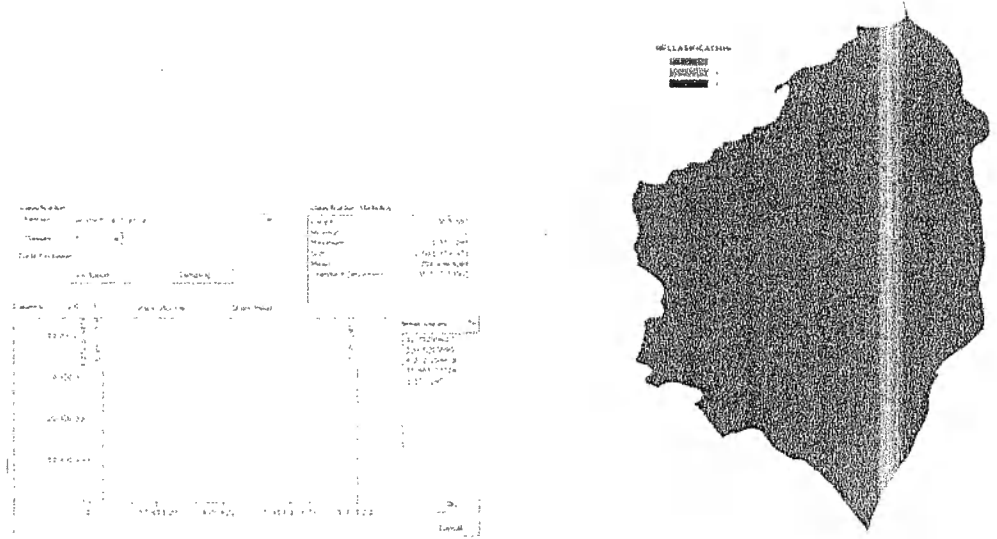
Mapa de Clasificación

Clasificación de Longitud de Flujo Acumulado

Valor	Clase	Clasificación
0	1	0
1	2	1
2	3	2
3	4	3
4	5	4
5	6	5
6	7	6
7	8	7
8	9	8
9	10	9
10	11	10
11	12	11
12	13	12
13	14	13
14	15	14
15	16	15
16	17	16
17	18	17
18	19	18
19	20	19
20	21	20
21	22	21
22	23	22
23	24	23
24	25	24
25	26	25
26	27	26
27	28	27
28	29	28
29	30	29
30	31	30
31	32	31
32	33	32
33	34	33
34	35	34
35	36	35
36	37	36
37	38	37
38	39	38
39	40	39
40	41	40
41	42	41
42	43	42
43	44	43
44	45	44
45	46	45
46	47	46
47	48	47
48	49	48
49	50	49
50	51	50
51	52	51
52	53	52
53	54	53
54	55	54
55	56	55
56	57	56
57	58	57
58	59	58
59	60	59
60	61	60
61	62	61
62	63	62
63	64	63
64	65	64
65	66	65
66	67	66
67	68	67
68	69	68
69	70	69
70	71	70
71	72	71
72	73	72
73	74	73
74	75	74
75	76	75
76	77	76
77	78	77
78	79	78
79	80	79
80	81	80
81	82	81
82	83	82
83	84	83
84	85	84
85	86	85
86	87	86
87	88	87
88	89	88
89	90	89
90	91	90
91	92	91
92	93	92
93	94	93
94	95	94
95	96	95
96	97	96
97	98	97
98	99	98
99	100	99

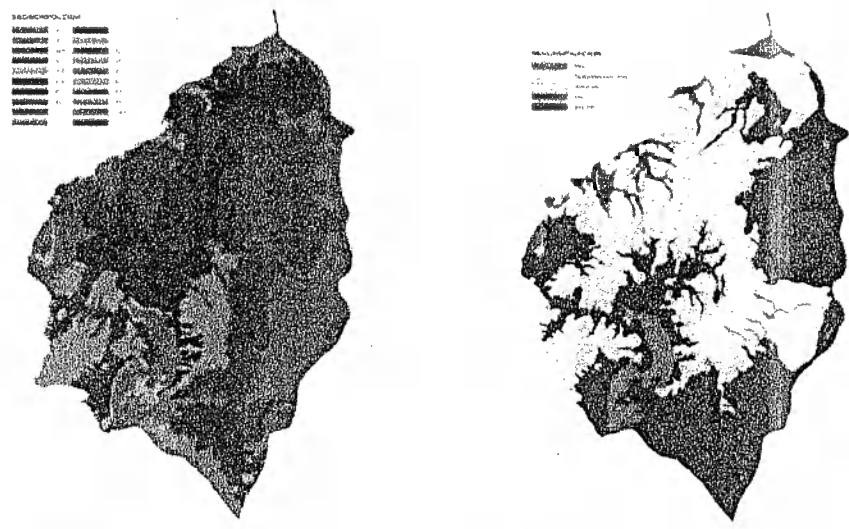
• Longitud de Flujo Acumulado

A través de módulo Arc Hydro se calcula la acumulación de flujo luego de los siguientes pasos: a) Ajustes al DEM con la red de drenaje; b) Rellenado del DEM y dirección de flujo; c) Se escoge un umbral y se reclasifica dependiendo del valor de la acumulación de flujo 0 - 1.



• Forma de la Tierra:

Se tuvo en cuenta el mapa de geomorfología del Plan de Manejo Ambiental del Atlántico, el mapa raster fue reclasificado bajo una ponderación según la descripción del nivel de susceptibilidad de las unidades a deslizarse, como se detalla en la tabla siguiente.



UNIDAD GEOMORFOLOGICA O UNIDAD GENETICA DEL RELIEVE	SIMBOLO	AREA (ha)	SusDes
1. LLANURA ALUVIAL DE DESBORDE			
• Terrazas	A1	33508	2
• Plano inundable en dique natural	A21	4093	1
• Plano inundable en complejo de orillares, diques, basines, napas y playonés	A22	7668	1
2. LLANURA ALUVIAL DE PIEDEMONTE			
• Abanicos	B1	3275	3
• Valles estrechos	B2	13947	4
3. PLANICIE O LLANURA EOLICA			
• Dunas antiguas	C1	33028	1
• Dunas recientes	C2	3082	3
4. RELIEVE COLINADO ESTRUCTURAL DENUDATIVO			
• Espinazos en laderas fuertes y largas	D1	35312	4
• Crestas monoclinales abruptas	D2	17756	5

UNIDAD GEOMORFOLOGICA O UNIDAD GENETICA DEL RELIEVE	SIMBOLO	AREA (ha)	SusDes
• Colinas monoclinales	D3	61731	4
• Colinas suaves	D4	19436	3
5. PLANICIE FLUVIO MARINA			
• Playones, barras e islotes	E1	1706	1
• Terrazas o planicies del litoral	E2	2771	2
• Cubetas	E3	9358	1
• Microrelieve de bajos y diques	E4	7809	1
6. PLANICIE LACUSTRE			
• Basín con deficiente drenaje	A31	38632	1
• Basín pantanoso	A32	5805	1
• Dique	A33	4688	1
AREA TOTAL		332544	

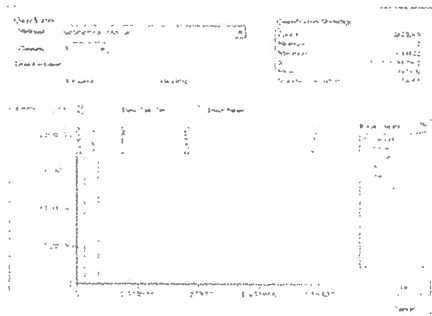
NOMBRE DE LA UNIDAD LITOLOGICA	SIMBOLO	AREA(ha)	%	susdes
Turbiditas de Luruaco	T16	18333	5.51	4
Calizas de Arroyo de Piedra	T15	409	0.112	3
Conglomerado de Pendaes	T14	621	0.19	3
Arcillolitas de Bocatocino	T13	2007	0.60	2
Limolitas ferruginosas	T12	8317	2.50	3
Areniscas de San Vicente	T11	6802	2.05	4
Arcillolitas de Furú	T10	3174	0.95	5
Arenisca del cerro Las Viudas	T9	776	0.23	4
Arenisca de Pajuancho	T8	5147	1.55	5
Arcillolitas de Sibarco	T7	24282	7.30	5
Conglomerado de Isabel López	T6	1078	0.32	5

NOMBRE DE LA UNIDAD LITOLOGICA	SIMBOLO	AREA(ha)	%	susdes
Arenisca calcárea de Santa Rosa	T5	11872	3.57	5
Arcillolitas calcáreas	T4	16240	4.88	5
Areniscas friables	T3	14581	4.38	3
Dietrítica de la Popa (1)	T2			
Calizas arrecíferas de la Popa	T1	18937	5.69	5
Gravas de Rotinet	Q7	12620	3.80	3
Depósitos aluviales - terrazas	Q6	43623	13.12	1
Depósitos eólicos antiguos	Q5	22170	6.67	1
Volcanes de lodo (1)	Q4			1
Depósitos aluviales	Q3	97638	29.36	2
Depósitos eólicos recientes (1)	Q2			1
Depósitos de Playa	Q1	2645	0.80	1
AREA TOTAL		332539	100	

- Morfodinámica (Combinación inclinación y longitud de la pendiente)

FORMA DE TERRENO	ID	Clas
Valle (rio)	1	2
Valle estrecho	2	3
Andulado	3	4
Plano	4	1
Escarpado estrecho	5	5
Filo de la montaña	6	5
Escarpado amplio	7	5
Muy escarpado	8	5
Playa	9	1
Error (playa)	10	1

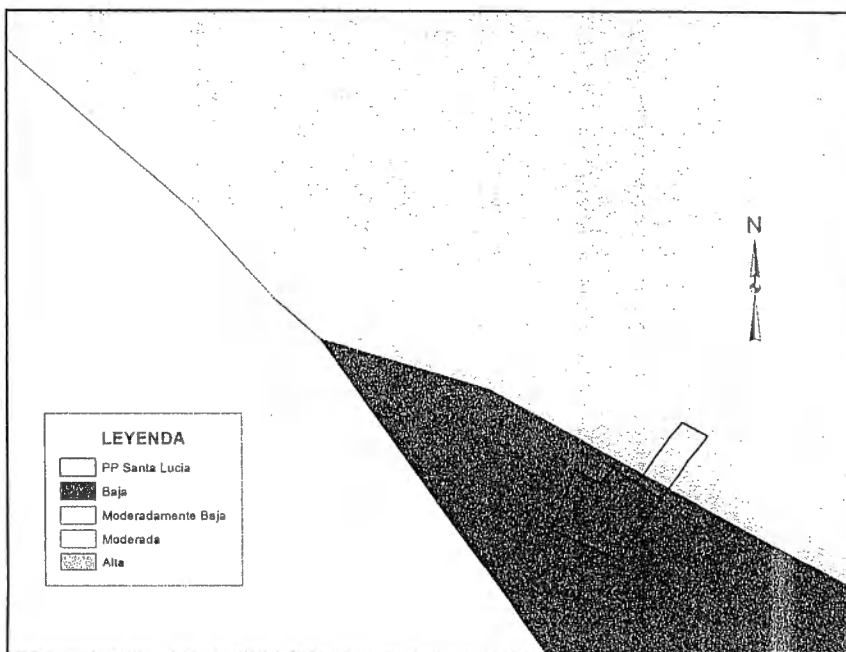
- Densidad fallas



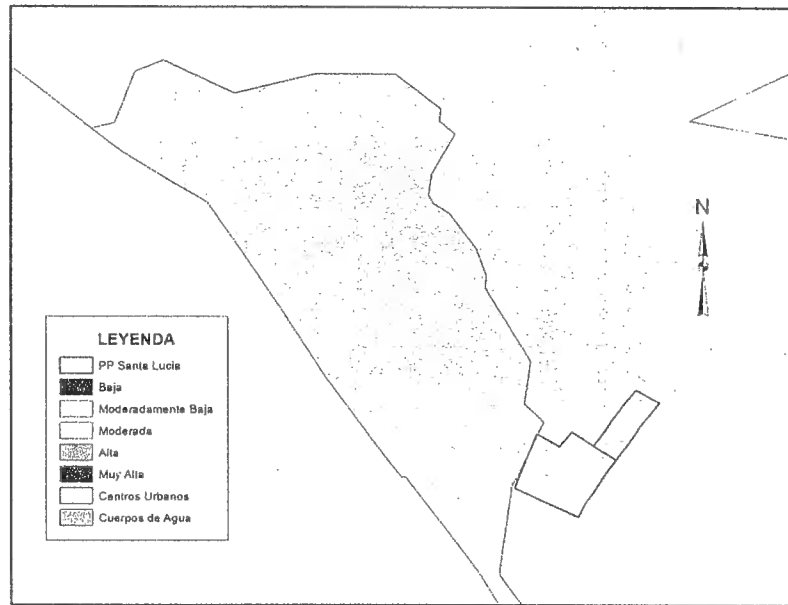
7.5 CONCLUSIONES

Con base en los capítulos de Topografía, Geología, Clima e Hidrología, se puede concluir lo siguiente:

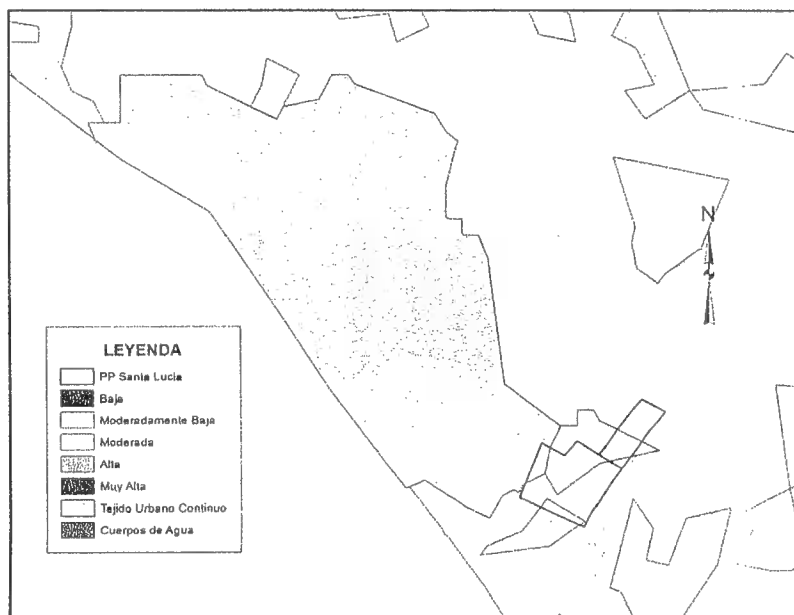
- En el polígono del PP Santa Lucía la amenaza por sismicidad es MODERADAMENTE BAJA a BAJA, por lo cual, dando cumplimiento al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 se mitiga completamente esta amenaza.



- En el polígono del PP Santa Lucía la amenaza por incendios forestales es MODERADAMENTE BAJA, y toda vez que el área será intervenida mediante un desarrollo urbano, esta amenaza desaparece en su condición de "amenaza natural".



- En el polígono del PP Santa Lucía la amenaza por erosión es MODERADAMENTE BAJA a BAJA lo cual será mitigado a través del urbanismo desarrollado en dicha área. Este fenómeno de carácter natural pierde su condición de amenaza toda vez que el área es intervenida en su totalidad.



- En el polígono del PP Santa Lucía la amenaza por remoción en masa es BAJA dadas las condiciones topográficas del terreno y la pendiente prácticamente inexistente, tal como se describe anteriormente. Esta amenaza no se considera ponderable dentro de las amenazas existentes en el área.

- En el polígono del PP Santa Lucía la amenaza por inundación es MUY ALTA y debe ser tenida en cuenta al momento de plantear el desarrollo urbanístico, teniéndose tres opciones claramente viables:
 - Construcciones del tipo palafítico, que garanticen la integridad de la vivienda si se repite lo acontecido en el periodo invernal de finales del 2010 y principios del 2011
 - Dique perimetrales de protección contra inundación. Se constituyen en la opción menos viable, dados los costos asociados a su desarrollo y a la fragilidad de la infraestructura interna en caso de que el mismo colapse en su infraestructura.
 - Desarrollo de un adecuado plan de contingencia para atender fenómenos similares al periodo invernal de finales del 2010 toda vez que entre la ocurrencia del evento y la afectación del área presentan lapsos de tiempo amplios que permiten una adecuada y oportuna reacción.



8. VULNERABILIDAD Y RIESGO

8.1. MARCO TEORICO

Un riesgo se refiere a la probabilidad, la estimación y la cuantificación de la magnitud y las consecuencias de los daños ambientales, sociales, económicos o culturales y/o pérdidas-humanas, de bienes, especies, prácticas culturales sitios simbólicos y lugares de rituales, entre otras-en un lugar y tiempo determinados, resultado del desencadenamiento de una amenaza¹. El proceso de conocimiento del riesgo, mediante el cual se identifica, evalúa y analizan las condiciones de riesgo a través de sus principales factores (amenaza, elementos expuestos y vulnerabilidad), sus causas y sus actores causales. Incluye la relación entre estas variables (entre amenaza, vulnerabilidad, riesgo), es importante, incluso matemáticamente a través de la ecuación:

Riesgo = Amenaza x Vulnerabilidad.

Una amenaza se transforma en un riesgo de acuerdo a la vulnerabilidad que tiene una persona o los asentamientos humanos frente a las amenazas climáticas. Se puede definir como la posibilidad, probabilidad o potencialidad que cambios o fenómenos climáticos por ejemplo (sequía o periodos anormalmente húmedos o lluviosos) afecten por un tiempo prolongado lugares específicos, cultivos, espacios de trabajo, sitios sagrados, zonas de habitación, o el bienestar y la salud de las personas o poblaciones en sus territorios². Las amenazas pueden ser de varios tipos: el impacto geográfico y su escala, la aparición súbita, rápida o continuas, la intensidad baja, media o alta, la permanencia transitoria, continuas o prolongadas. La duración, puntuales. Clasificándose entre amenazas de tipo meteorológico, hidrometeorológico y climatológico. (Chavarro et al., 2008)

Por su parte, se considera como vulnerabilidad de una población o sistema frente a los cambios, al grado en que un sistema o asentamiento está expuesto a alguna amenaza climática y a la capacidad que tienen para manejar los daños (riesgos), sin que les afecte; es decir los mecanismos de adaptación frente a los cambios climáticos (Chavarro et al., 2008). (Liverman 1990) Señaló que la vulnerabilidad "se ha relacionado o equiparado a conceptos como la resiliencia, la marginalidad, la susceptibilidad, la adaptabilidad, la fragilidad y el riesgo". En el presente conceptos como la exposición, sensibilidad, y capacidad de adaptación están asociados conceptualmente a factores específicos del análisis de la vulnerabilidad. La pluralidad de definiciones y enfoques para la evaluación de la vulnerabilidad ha dado lugar a un intenso trabajo conceptual que trata de aclarar

¹ Basado en los conceptos de Smith, 1996:5; IPCC, 2001: 21; Morgan & Henrion, 1990:1; Random House, 1966; Adams, 1995: 8; Jones & Boer, 2003; Helm, 1996; Downing et al., 2001; Wisner et al., 2004 citado por Schipper, 2006; Chichon, 1999; Stenchion, 1997; UNDHA, 1992. Citados por Brooks, 2003; 2001: 186-185, y PNUD, 2007:78. Tomado de Estudios de Vulnerabilidad en Colombia, Conferencia en el Programa Adaptación al Cambio Climático en la Región Andina. Septiembre 2012.

² Basado en los conceptos propuestos pr Jones y Boer, 2003 citado por Brooks, 2003 :7; Downing et al., 2001 citado por Brooks, 2003 :7; IDEAM, 2001:18 y Brooks 2003.

conceptos y metodologías: EIRD, 2004; ETI / RD, 2006; McCarthy et al, 2001; Thywissen, 2006; Parry et al, 2007); Cutter, 1996; Jones, 2001; Brooks, 2003; Turner et al, 2003; Luers, 2005; Timmerman, 1981; Kates, 1985; Blaikie et al, 1994; Bohle et al, 1994; Turner et al, 2003b; Lim & Spanger-Siegfried, 2005; Kelly y Adger, 2000; Fussel y Klein, 2006; O'Brien et al, 2007; Fussel, 2007). Existiendo documentos recientes que desarrollan una discusión general de las definiciones, metodologías y marcos conceptuales, entre otros: Adger (2006), Eakin y Luers (2006) y Wolf et al. (2010) citados por Hinkel 20113.

Los riesgos se pueden estimar de acuerdo a varios factores: el tipo de amenaza, grado de exposición de la amenaza, magnitud de daños y/o pérdidas, capacidad de respuesta en prevención; de control del fenómeno o de la amenaza y de reducción de los daños que puede ocasionar una amenaza, y la vulnerabilidad que se tiene frente a la amenaza. Por otro lado, el proceso de reducción del riesgo, consiste en la aplicación de las medidas a intervenir las condiciones actuales de riesgo (intervención correctiva) y futuras (intervención prospectiva). Estas son las medidas que en la realidad hacen la prevención de desastres. Además, este proceso incluye la protección financiera para reponer el valor económico de las pérdidas.

En relación a la revisión de los marcos conceptuales para el estudio de vulnerabilidad se pueden proponer algunas tendencias que pueden ser sintetizadas como: una tendencia centrada en el estudio de la vulnerabilidad realizado en forma específica. Otra visión es la evolución de las evaluaciones del impacto dejando de lado la mirada de procesos lineales y buscando un cuerpo más complejo de integración. Otra mirada es la que se orienta a estudiar la Vulnerabilidad de los ecosistemas. Otra introduce el concepto de sistemas socio-ecológicos (SES), que implica que "la acción humana y las estructuras sociales son parte integral de la naturaleza y por lo tanto, cualquier distinción entre los sistemas sociales y naturales es arbitraria"

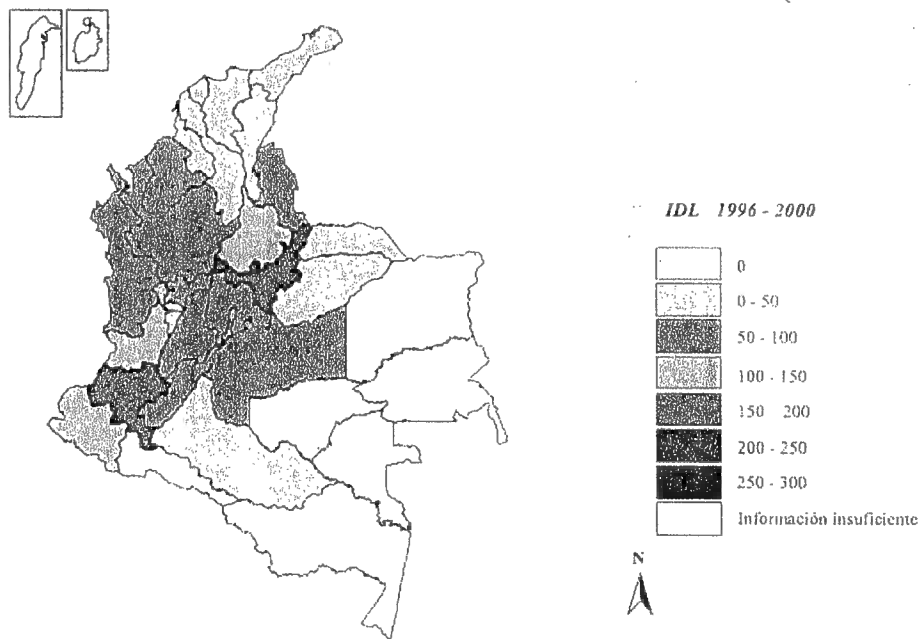
Según estudio para la gestión del riesgo de desastres (Banco Interamericano de Desarrollo Comisión Económica para América Latina y el Caribe) los Escenarios de eventos extremos asociados a fenómenos naturales que pueden llegar a causar un impacto notable en Colombia y por lo tanto una grave crisis institucional y social, es un terremoto de gran magnitud cerca de cualquiera de las principales ciudades del país. Un desastre sísmico en la mayoría de los casos sería un desastre concentrado, ya que afectaría, en el caso de Colombia, áreas pequeñas en comparación con su territorio. Por otra parte, el evento más frecuente en Colombia es la inundación. Su análisis, por lo tanto, tal como se realiza en este documento no debe hacerse de la misma manera que para otros sucesos súbitos. Una de las principales características es que no se cuenta con información apropiada que facilite su análisis. Por otra parte eventos como el fenómeno de El Niño en realidad exacerban fenómenos como las inundaciones, deslizamientos o sequías en diferentes lugares, por lo cual no es fácil cuantificar sus efectos. Según la

³ Tomado de: Estudios de Vulnerabilidad en Colombia 2012. Apolinar Figueroa Casas, Estudios de Vulnerabilidad en Colombia, Conferencia en el Programa Adaptación al Cambio Climático en la Región Andina. Guayaquil. Septiembre 2012.

CAF, el fenómeno de El Niño causó pérdidas en Colombia entre 1997 y Declarado como desastre nacional por el gobierno a través del Decreto 182 de 1999. CONPES 3131 de 2001. Plan de Finalización de la Reconstrucción del Eje Cafetero y Cierre del 1998 del orden de 564 millones de dólares, lo que contrasta de alguna manera con las pérdidas por el terremoto en el Eje Cafetero 2 que se estiman en 1.591 millones de dólares, equivalentes a 2,2% del PIB de 1998.

El Índice de Efectos Locales (antiguo IDL del IDEA para el BID) o el nuevo Índice de Desastres Locales propuesto por Marulanda y Cardona (2006) como una alternativa con una sutil variación, revela y mide la susceptibilidad del país a desastres recurrentes de escala menor. Ellos ilustran que el impacto acumulado puede ser significativamente alto a nivel local y, consecuentemente, a nivel nacional desde el punto de vista social. Este índice intenta ilustrar como la frecuencia de los desastres pequeños o moderados conlleva e incrementa las dificultades para el desarrollo local.

CATEGORIZACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR EL IDL (1996 – 2000)



Fuente: Carreño M.L., Cardona O.D., Barbat A.H. Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos. Barcelona. 2005. Tomado de: Información para la gestión del riesgo de desastres. Estudio de Caso Colombia, 2006.

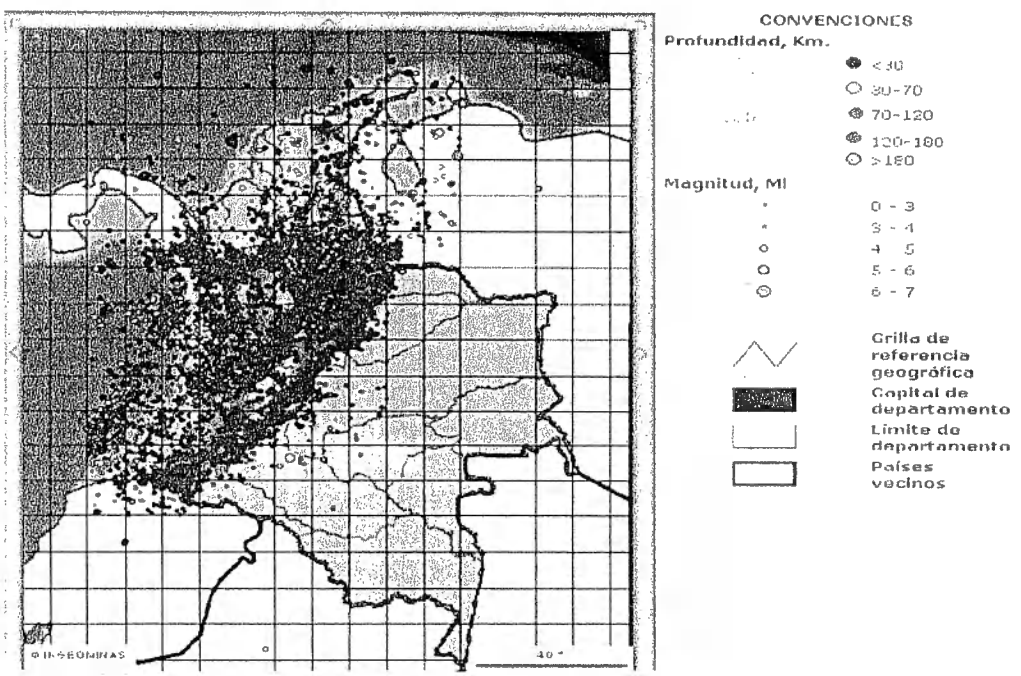
Categorías de Riesgo por Departamento

Debido a que la mayoría de la población colombiana se encuentra concentrada en grandes ciudades localizadas en las zonas de mayor amenaza o peligro y debido tanto a la acción del hombre como al proceso de industrialización de los últimos años, el potencial de desastre natural o de origen antrópico resulta significativamente alto para el país. Colombia en su historia ha sufrido diversos eventos notables, como la destrucción total de Cúcuta (1875); el terremoto y maremoto de Tumaco (1906), considerado uno de los más fuertes ocurridos en tiempos modernos (9,2 Mw); las erupciones de varios de sus volcanes como el Galeras, el Ruiz y el Doña Juana, cuya actividad ha sido registrada

históricamente en varias ocasiones. A nivel local Santa Lucía está situada en una zona moderada en frente a la amenaza sísmica comparándola con la amenaza en el territorio nacional⁴.

Ingeominas estudia la amenaza sísmica en Colombia; tiene como objetivo desarrollar metodologías para el estudio de las ciencias de la tierra y del ambiente, realizar estudios geológicos, geotécnicos y ambientales con el propósito de prevenir desastres generados por fenómenos naturales. Esta entidad pública información histórica de los sismos de mayor magnitud en diferentes períodos de tiempo, mapas de sismicidad y de grandes terremotos ocurridos en el país. La dirección del servicio geológico y la subdirección de amenazas geológicas de *Ingeominas* actualmente cuenta con programas y proyectos encaminados al estudio de la amenaza sísmica a través del monitoreo de redes de vigilancia como la Red Sismológica Nacional "RSNC", la Red Nacional de Acelerógrafos "RNA" y la Red Portátil. Igualmente, contribuye a la actualización del mapa de Amenaza Sísmica de Colombia y estudios de amenaza sísmica y respuesta de suelos.

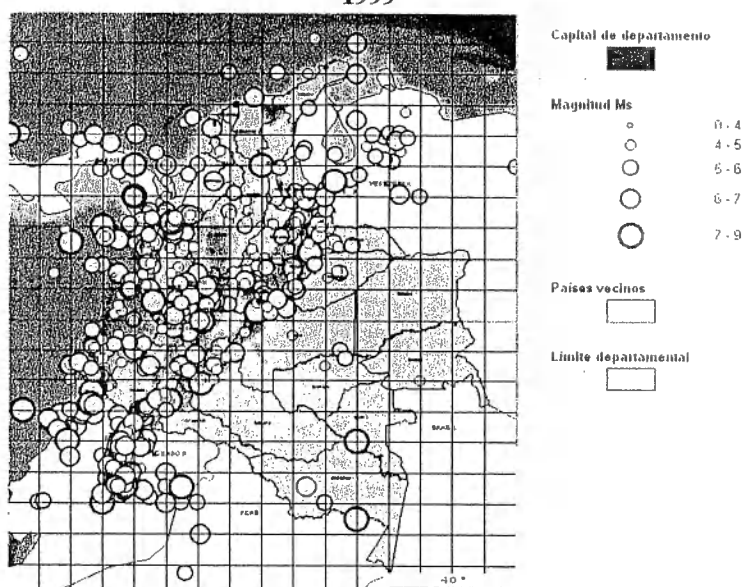
MAPA DE SISMICIDAD DE COLOMBIA 1993 - 2001



Fuente: INGEOMINAS, Tomado de: Información para la gestión del riesgo de desastres. Estudio de Caso Colombia, 2006. *Mapa Sísmico de Colombia*

⁴ Según información tomada de: Amenazas, riesgos, vulnerabilidad y adaptación frente al cambio climático. 2008 (Fuente: <http://www.seismo.ethz.ch/>)

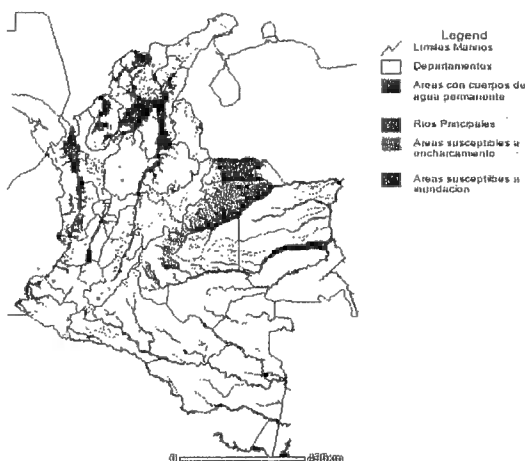
MAPA DE GRANDES TERREMOTOS DE COLOMBIA 1566 - 1999



Fuente: INGEOMINAS, Tomado de: Información para la gestión del riesgo de desastres. Estudio de Caso Colombia, 2006.
 Mapa de Terremotos de Colombia

Por su parte, según desarrolló el estudio Geomorfología y susceptibilidad a la inundación del valle fluvial del Magdalena por parte del IDEAM, en el cual con un mayor nivel de resolución evalúa la susceptibilidad de inundación de zonas aledañas al río Magdalena a través de un análisis de la geomorfología de la zona, de la dinámica fluvial del valle del río Magdalena y de imágenes satelitales (véase Mapa de zonas inundables).

MAPA DE ZONAS INUNDABLES

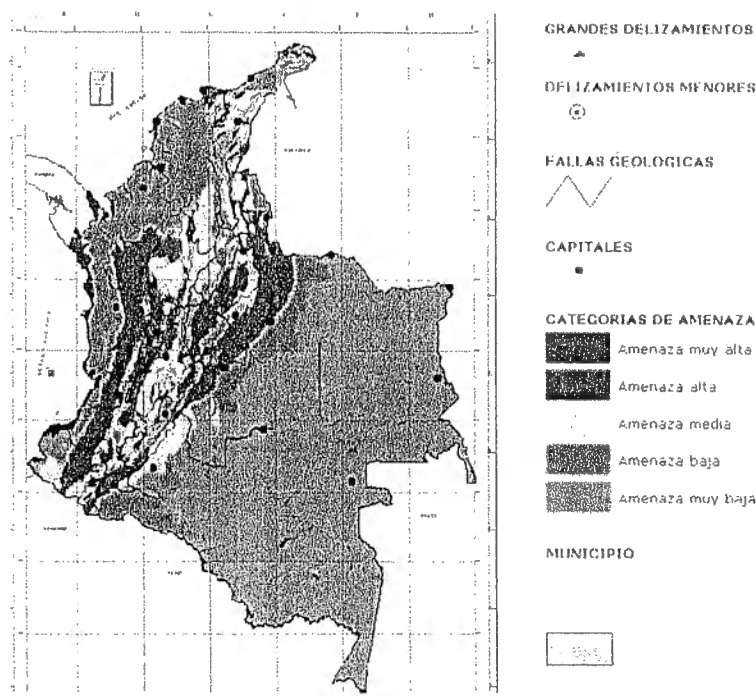


Fuente: IDEAM, Tomado de: Información para la gestión del riesgo de desastres. Estudio de Caso Colombia, 2006.
 Mapa de Inundación de Colombia

En cuanto a las amenazas por deslizamiento estudios en Colombia, mencionan las zonas propensas a deslizamientos se encuentran distribuidas en la cadena montañosa del país, especialmente en los departamentos de Antioquia, Tolima, Valle del Cauca, Caldas, Boyacá y Nariño por sus condiciones topográficas, geológicas e hidrológicas. El gráfico de categorías de amenaza, presenta el mapa generado por la entidad a nivel nacional.

Los fenómenos de movimientos de masa han sido de especial atención a nivel nacional en cuanto a los efectos que estos tienen sobre los sectores residenciales y sobre la infraestructura vial. Por esta razón, se han desarrollado estudios del riesgo y de la geología tanto local como regional Así mismo se han desarrollado metodologías para la evaluación de la amenaza y riesgo de este tipo de eventos. Entre estos estudios se encuentran determinaciones de umbrales de lluvia detonantes a nivel nacional y local de deslizamientos.

MAPA DE CATEGORÍAS DE AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS DE MASA



Fuente: INGEOMINAS, Tomado de: Información para la gestión del riesgo de desastres. Estudio de Caso Colombia, 2006.

Mapa de Remoción en Masa de Colombia

8.2. VULNERABILIDAD A REMOCION EN MASA, SISMICIDAD E INUNDACION

Toda vez que en los capítulos anteriores se analizan los fenómenos de remoción en masa, sismicidad e inundación y se concluye de manera contundente que existe amenaza para INUNDACION, toda vez que para el resto de amenazas se puede concluir lo siguiente:

- No se evidencian eventos históricos sísmicos en el área de influencia del proyecto.
- No se evidencian eventos históricos de remoción en masa en el área de influencia del proyecto.
- No se evidencian eventos históricos de inundación en el área de influencia del proyecto.
- Entendiéndose como Vulnerable a todo lo expuesto a la amenaza natural, se concluye que no existe vulnerabilidad a ningún fenómeno natural (salvo inundación) para el área del proyecto y su zona de influencia

8.3 CUANTIFICACION DE LA VULNERABILIDAD

El Decreto 1523 del 2012 Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones, estableció en su artículo 4 las siguientes definiciones:

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.

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

Riesgo de desastres: Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.

El modelo de la Imagen modificado de MOVE (Vichon et al., 2011) por ser un marco metodológico heurístico debe ser considerado como una guía, la adaptación que hemos hecho para nuestro proyecto está ligado con la disponibilidad de información, y delimitación de sectores para toma de decisiones, lo cual permite modificar fácilmente la base de toma de decisiones cuando las condiciones aquí plasmados cambien espacial o temporalmente.

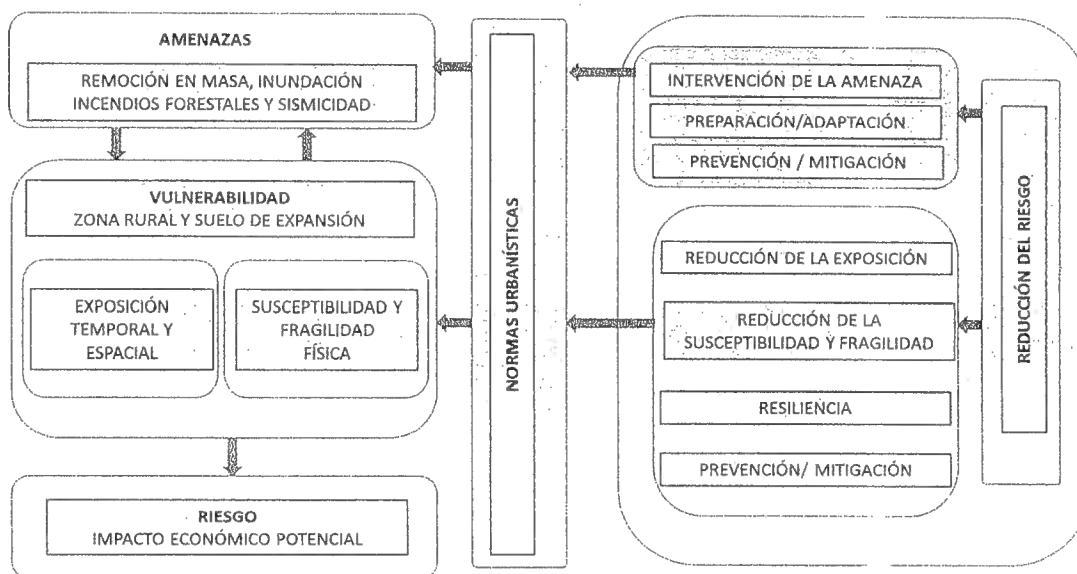
Se incluyeron las normas urbanísticas como un elemento de reducción del riesgo, estas normas ayudan a intervenir tanto la amenaza y la vulnerabilidad a nivel local del territorio al momento de la ocupación y/o intervención, o en la definición de suelos de protección.

La delimitación de los determinantes físicos relacionados con las amenazas consistió en materializar en el territorio la geología, la geomorfología, los suelos y los fenómenos amenazantes.

De Ley: exclusión y protección de rondas de ríos, nacimientos de agua, áreas de reserva forestal.

Geológicos, geomorfológicos y de procesos activos o potenciales: profundidad del nivel freático, tipos de suelos, rugosidad del mismo, movimientos de masa activos, antiguos o potenciales, grado de erosión o socavamiento, inundaciones entre otros.

De procesos o actividades antrópicas: minería a cielo abierto, potencial de subsidencia o hundimientos, desvío de cauces, disponibilidad o potencial de construcción de vías de acceso.



Modelo de Riesgo aplicado a la zona del PP Santa Lucía, modificado de Vichon et al. (2011)

La vulnerabilidad analizada en la zona del plan parcial (suelo de expansión), fue la vulnerabilidad física, entendida como el potencial de daño de los elementos físicos incluyendo áreas construidas, infraestructura y espacios abiertos.

La exposición describe la extensión en la cual un elemento evaluado cae dentro del rango geográfico de un evento de amenaza. La exposición se extiende a atributos físicos fijados de sistemas de infraestructura y productivos agroindustriales presentes en la zona de expansión de Santa Lucía.

La susceptibilidad (o fragilidad) describe la predisposición de los elementos en riesgo a sufrir daño. La exposición y la fragilidad de los sistemas de infraestructura y productivos fue evaluada directamente en las visitas de campo.

Definición de elementos expuestos. Para la evaluación de elementos expuestos diversos y heterogéneos como son los existentes en el suelo rural, se definieron las siguientes consideraciones:

- Identificación y clasificación de los elementos expuestos más representativos del área de estudio (p. ej., edificaciones y estructuras e infraestructuras especiales, edificaciones de ocupación normal o habitacional, cultivos etc.,).
- Ubicación y localización espacial sobre mapas de los elementos expuestos identificados, clasificados e inventariados (p. ej., edificaciones y estructuras e infraestructuras especiales, edificaciones de ocupación normal o habitacional, cultivos etc.,).
- Determinación de la vulnerabilidad física a partir del conocimiento de las amenazas que pueden afectar a los elementos expuestos con respecto a su localización.
- En las exploraciones de campo se realizaron observaciones sobre el estado físico y de emplazamientos de viviendas y edificaciones dispersas existentes con la finalidad de constatar la estabilidad relativa de los terrenos que puede inferirse por el grado de conservación, edad y/o deterioro de las mismas.

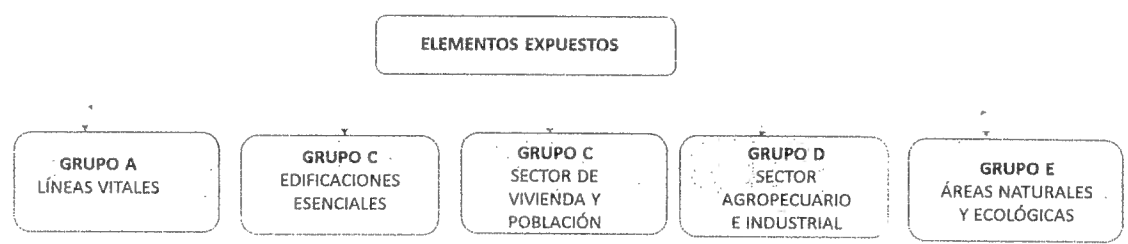
Aun cuando la caracterización de los terrenos no comprometía evaluaciones detalladas puntuales, se realizaron observaciones sobre el estado de los elementos expuestos edificaciones, infraestructura, cultivos y otros criterios que pudieran dar información indirecta sobre condiciones de estabilidad, sin recurrir a ensayos de laboratorio que deberán ser objeto de trabajos posteriores, una vez se tomen decisiones sobre uso o adquisición de terrenos.

Elementos expuestos¹. Los elementos expuestos evaluados en el estudio son constitutivos del entorno social, material y ambiental representado por las personas y por los recursos, servicios, infraestructura y ecosistemas que pueden ser afectados por cada uno de los fenómenos naturales caracterizados y asociados.

En este aspecto, se determinó el tipo de elementos que podrían ser afectados por procesos

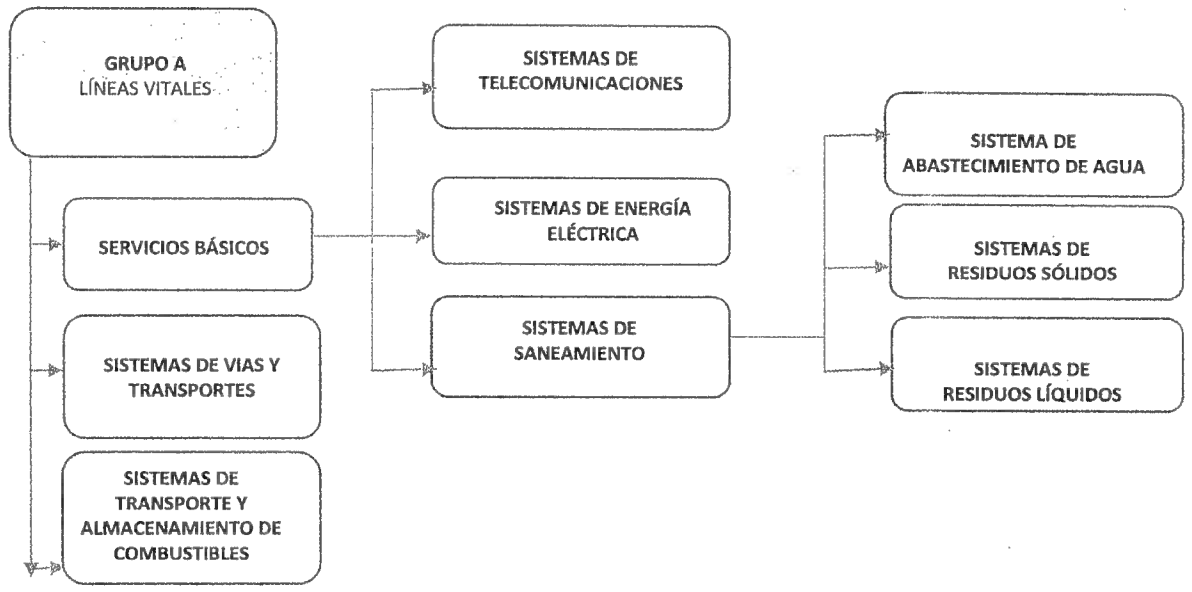
¹ Serie Ambiente y Ordenamiento Territorial. Guía Metodológica 1 Incorporación de la prevención y la reducción de riesgos en los procesos de ordenamiento territorial. 2005. Página 19.

asociados a las amenazas caracterizadas para el suelo rural y consistió en clasificar los elementos expuestos en categorías, agrupando edificaciones, estructuras y sistemas con un mismo nivel de importancia y necesidad o función dentro de una comunidad o población, mediante conteo, ubicación y/o georreferenciación de los mismos de acuerdo con la clasificación en cinco (5) grandes grupos (A, B, C, D, E):



Clasificación de los elementos expuestos.

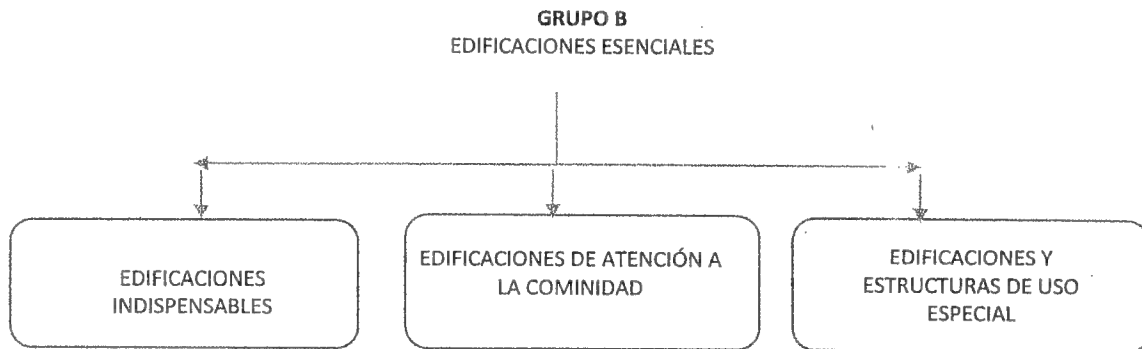
Grupo A. Líneas Vitales. En el grupo A, clasifican todos aquellos sistemas lineales vitales, que se interconectan entre sí para prestar funciones de movilidad, el transporte, almacenamiento, abastecimiento, distribución y eliminación. En la siguiente imagen se presenta su clasificación.



Clasificación de líneas vitales.

Para el caso del suelo rural del Grupo A encontramos líneas vitales relacionadas con servicios básicos como son el rellenos sanitarios, lagunas de oxidación (o sistema de residuos sólidos líquidos), sistemas viales, etc. En el suelo del Plan Parcial no se encuentran elementos de esta categoría.

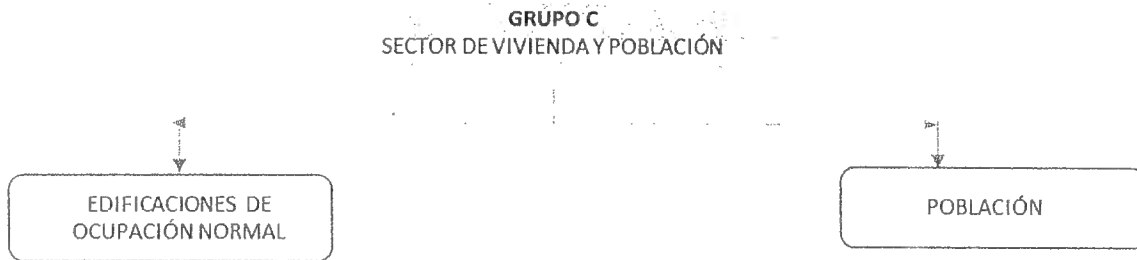
Grupo B. Edificaciones esenciales. En el grupo B, se clasifican las edificaciones esenciales (ver Imagen), que han sido diseñadas para prestar un servicio público, las cuales se dividen en tres categorías según su nivel de uso: (i). indispensables (para preservar la vida y la salud); (ii). de atención a la comunidad (emergencias y seguridad); (iii). estructuras y edificaciones de uso especial (instalaciones de uso masivo).



Clasificación de Edificaciones esenciales.

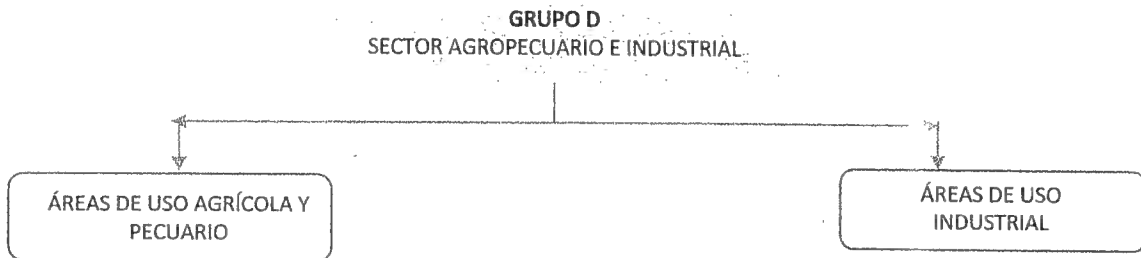
A la fecha, mayo de 2014 no se encontraron en el suelo del plan parcial.

Grupo C. Sectores de vivienda y población. En el grupo C, clasifican el sector vivienda y población, el cual agrupa a las edificaciones de uso habitacional y residencial, así como a la población en general (ver Imagen).



Clasificación de vivienda y población.

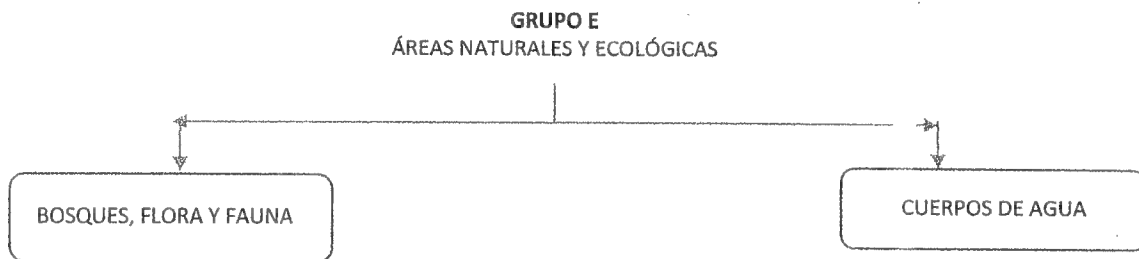
Grupo D. Sector agrícola, pecuario e industrial. En el grupo D, clasifican los sectores del sector agrícola, pecuario e industrial de la zona de estudio, en la siguiente Imagen se muestra su clasificación.



Clasificación del sector Agropecuario e Industrial.

En este grupo tenemos adicionalmente de acuerdo al mapa de uso y cobertura del suelo e imágenes de satélite que demuestran el área del plan parcial no presenta elementos de esta categoría.

Grupo E. Áreas naturales y ecológicas. En el grupo E, clasifican las áreas naturales y ecológicas, conformadas por el bosque, la flora y la fauna, (ver Imagen) así como los cuerpos de agua de toda área de estudio.



Clasificación de las áreas naturales y ecológicas.

En este grupo se entenderían áreas de importancia ambiental como ciénagas y arroyos.

Existen diversas metodologías que pueden ser aplicadas a la medición, estimación y cálculo de la vulnerabilidad física a fenómenos naturales, entre ellos están por ejemplo, los métodos determinísticos, mediante ensayos de laboratorio; los empíricos por el análisis de ocurrencias y experiencias anteriores (causalidad vs efectos); y los de opinión experta, cuando no se dispone de información directa. Sin embargo, su aplicación depende en primera instancia de factores, como la escala, el objeto de estudio, la información disponible, la experiencia de los investigadores – “el criterio experto”, los recursos humanos y tecnológicos.

La metodología aplicada en este estudio para la evaluación de vulnerabilidad, es de nivel intermedio, es decir, semi-cuantitativa, sin llegar al detalle de análisis numéricos del comportamiento estructural de los elementos expuestos (p. ej., de edificaciones individuales, sistemas productivos y comunitarios, infraestructura, etc.), pero buscando



72

identificar vulnerabilidades genéricas y comunes por sectores, áreas y componentes de los elementos expuestos evaluados.

En términos generales tenemos una aproximación heurística, la cual combina el inventario de elementos, con el "criterio de experto", el cual fue directo (obtenido en campo), y suma de pesos asignados a las variables que definen la vulnerabilidad en la interacción entre los fenómenos naturales analizados, vs los elementos expuestos.

El riesgo como impacto económico potencial en nuestro modelo se evalúa por el impacto sobre el valor comercial de las propiedades rurales, para esto se elaboró un mapa base de isovalores del suelo rural de Santa Lucía con la información predial del IGAC, de acuerdo con los resultados de los diferentes tipos de riesgos evaluados .este mapa base se modificará y mostrará la afectación sobre el valor comercial de los predios.

8.3.1. MODELAMIENTO DE LA VULNERABILIDAD

Mediante herramientas SIG, las áreas con amenazas se convirtieron en una representación espacial con valores que se ingresaron a la base de datos, ver siguiente tabla. Estos valores se convirtieron en estimativos de peso específico para cada grado de amenaza establecida. Así mismo a la vulnerabilidad se le asignaron valores en consideración al su grado de exposición y resiliencia de los elementos expuestos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la visita de campo. Debido a que los periodos de recurrencia de los fenómenos amenazantes no fueron establecidos en los mapas de amenaza aportados por el contratante, este factor no se tuvo en cuenta en el análisis de vulnerabilidad.

Criterios de calificación de valores para la amenaza y la vulnerabilidad.

VULNERABILIDAD		AMENAZA	
0	No Vulnerable	0	Sin Amenaza
1	Muy baja	1	Muy baja
2	Moderadamente bajo	2	Moderadamente baja
3	Baja	3	Baja
4	Moderada	4	Moderada
5	moderadamente alta	5	moderadamente alta
6	Alta	6	Alta
7	Muy Alta	7	Muy Alta

Debido a que las intervenciones sobre el territorio son menores, lo mismo que el número de los elementos expuestos es muy bajo, una vez terminado el recorrido de campo fue necesario reclasificar la tabla con el fin de obtener áreas homogéneas.



Reclasificación de valores para la amenaza y la vulnerabilidad.

Calificación FINAL	VULNERABILIDAD	Calificación FINAL	AMENAZA
1	0 No Vulnerable	1	0 Sin Amenaza
	1 Muy baja		1 Muy baja
	2 Moderadamente bajo		2 Moderadamente baja
	3 Baja		3 Baja
2	4 Moderada	2	4 Moderada
	5 moderadamente alta		5 moderadamente alta
3	6 Alta	3	6 Alta
	7 Muy Alta		7 Muy Alta

A partir de lo anterior, y teniendo en cuenta los resultados de las visitas de campo, y de acuerdo a las diferentes tipos de vulnerabilidad, se le asignaron valores de peso de Vulnerabilidad a los elementos expuestos a los fenómenos amenazantes, ver siguiente tabla en la que obtuvimos la siguiente ponderación de vulnerabilidad para el inventario:

Matriz de asignación de valores para la amenaza y la vulnerabilidad.

	Usc	Vulnerabilidad Remoción normal		Vulnerabilidad Construcción		Vulnerabilidad Incendio forestal		Vulnerabilidad Sísmico	
		Suelo de Expansión	Suelo Rural	Suelo de Expansión	Suelo Rural	Suelo de Expansión	Suelo Rural	Suelo de Expansión	Suelo Rural
Grupo D	Agropecuario	1	2	1	3	3	1	1	
Grupo A	Relleno Sanitario	2		2		2	3	3	
Grupo C	Comercio	2				2	1	1	
Grupo C	Construido	2	3	2	2	2	3	3	
Grupo E	Extractivo/ Limpieza	1				2	1	1	
Grupo D	Industrial	2	3		2	2	2	2	
Grupo E	Leña/cacería/vivienda en menor grado	1	1	2	2	3	3	1	
Grupo D	Minero	2	1		1	1	2	2	
Grupo E	Pesca y recreación	1		2		2	2	1	
Grupo E	Recreación y turismo	1		2		2	2	2	

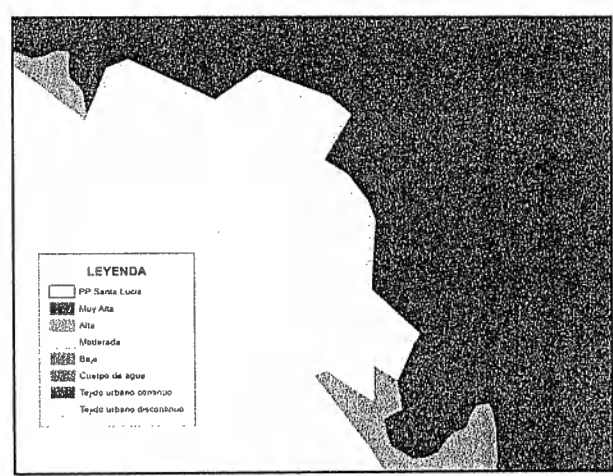


		Vulnerabilidad Remoción en masa		Vulnerabilidad Inundaciones		Vulnerabilidad Incendios Forestales		Vulnerabilidad Sísmica	
		Suelo de Expansión	Suelo Rural	Suelo de Expansión	Suelo Rural	Suelo de Expansión	Suelo Rural	Suelo de Expansión	Suelo Rural
Grupo D	Rosa/leña/pastoreo mal manejado		1	1	1	3	3	1	1
Grupo E	Sabalera		1		2	1	1	2	2
	Sin uso aparente		1			1	1	1	1
Grupo A	Tratamiento aguas residuales		2		3	1	1	2	2
Grupo C	Vivienda	3	3	3	3	3	3	3	3

Para la elaboración de los mapas de vulnerabilidad, se toma como base el mapa de uso y cobertura y teniendo cuenta el grado de exposición de estos elementos de acuerdo con los mapas de amenaza y los pesos de vulnerabilidad mostrados en la tabla anterior, se elaboraron los mapas de vulnerabilidad por inundación y por remoción en masa.

8.3.2. VULNERABILIDAD POR INUNDACION

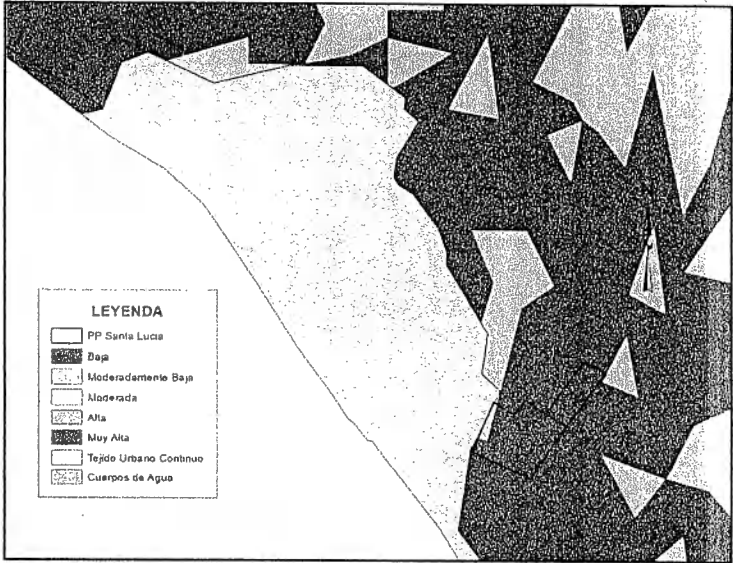
En el mapa de vulnerabilidad por inundaciones, se observa el predominio de la vulnerabilidad alta para el área del plan parcial.



La vulnerabilidad alta se concentra en la amenaza de desbordamiento del Canal del Dique como se ilustra en la imagen anterior.

8.3.3 VULNERABILIDAD POR REMOCION EN MASA

La mayoría del área de estudio se encuentra en vulnerabilidad baja, y medianamente baja y en menos proporción en media. La vulnerabilidad alta por remoción en masa se concentra en muy pequeños sectores, presentes en su mayoría en el suelo rural agroindustrial y en el sector sur occidental del suelo de protección rural. Dentro del suelo de expansión no se observaron procesos importantes de remoción en masa.



8.4 VALORACION DEL RIESGO

Los modelos probabilísticos de amenazas y riesgos no siempre son fáciles de entender, ni apropiados para ser asimilados por todos los diversos sectores expuestos o interesados (ej. seguros, familias, organismos), pero la Estadística y Probabilidades es lo único que dispone la matemática para tratar y representar hechos y procesos inciertos (por falta de conocimiento o por limitaciones y errores en los datos). Para amenazas y riesgos, de interés vital para todos los organismos, comunidades e individuos, preguntarse si un solo modelo sirve para todos. Se podría concluir que una afirmación como 'existe una probabilidad del 50% de perder el elemento X expuesto a la ocurrencia del fenómeno Y' es entendible y aplicable por una empresa de seguros (cubierta con un cumulo de activos de respaldo), pero poco práctica para una familia que solo tiene un bien (vivienda) expuesto. Evidentemente, la información y educación pública es una componente importante en la aplicación social de evaluaciones de riesgo y selección de medidas de mitigación.

Para suelo de expansión de Santa Lucía se estimó un modelo holístico para el cálculo del riesgo aceptable, considerando que las decisiones sobre el riesgo aceptable son el producto de la conjugación de variables técnicas, económicas, sociales y políticas al interior de la

comunidad, que constituyen un escenario de riesgo. Lo anterior se expresa en la siguiente ecuación conceptual propuesta por Meyer y Velásquez, 1994 de:

$$R = A * V^*$$

Dónde:

- R: Riesgo.
- A: Amenazas naturales.
- V: Vulnerabilidad, Exposición y resiliencia (visita de campo).

De este conjunto de variables, finalmente, para incorporar en este primer modelo se dispone de A (Amenazas) y V (grado de exposición). Los costos fueron considerados atendiendo, por ejemplo, a valores de reposición parcial o total para viviendas según el precio de vivienda de interés social o valores disponibles en el catastro municipal.

A continuación tenemos la matriz de calificación para asignación de riesgos cualitativos:

Matriz cualitativa para la calificación del riesgo.

		AMENAZA		
		BAJA	MEDIA	ALTA
VULNERABILIDAD	BAJA	RIESGO BAJO	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO
	MEDIA	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO
	ALTA	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO	RIESGO MUY ALTO

Usando la matriz de calificación de la siguiente tabla, y mediante el cruce de mapas de amenaza y vulnerabilidad en el SIG, se obtuvieron los mapas de riesgos por inundación y por remoción en masa:

*Matriz cualitativa para la calificación del riesgo Inundación.
Estado Natural del Terreno*

INUNDACIÓN SIN OBRAS TIPO PARA AMPLIO		AMENAZA		
		BAJA	MEDIA	ALTA
VULNERABILIDAD	BAJA			
	MEDIA			
	ALTA			MUY ALTO

Realizadas las obras de mitigación propuesta en los capítulos de hidrología e hidráulica, el riesgo por Inundación se convierte en **MUY ALTO**, toda vez que el factor de amenaza se controla con la canalización de los cauces como respuesta obtenida en el modelamiento hidrológico

Matriz cualitativa para la calificación del riesgo Inundación.
Con CONTRUCCION PALAFITICA

INUNDACION POR RAS DE MARRACION		AMENAZA		
		BAJA	MEDIA	ALTA
VULNERABILIDAD	BAJA			
	MEDIA	BAJO		
	ALTA			

8.5. CONCLUSIONES FINALES

- ➔ El riesgo por Inundación es **BAJO**, toda vez que la amenaza es controlada mediante la contrucción palafítica y/o diques de protección.
- ➔ El riesgo por Remoción en Masa es **BAJO**, toda vez que no existen amenazas de este tipo en el área del plan parcial. El estudio de suelos realizado en el área del plan parcial demuestra la estabilidad del terreno, lo cual puede ser validado con la infraestructura existente en los proyectos ya desarrollado y viablizados en la zona de influencia del PP Santa Lucía.

8.6. REFERENCIAS

Banco Interamericano de Desarrollo Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Información para la gestión del riesgo de desastres, estudios de caso de cinco países. Estudio de Caso Colombia, 2006.

Apolinar Figueroa Casas, Estudios de Vulnerabilidad en Colombia, Conferencia en el Programa Adaptación al Cambio Climático en la Región Andina. Guayaquil. Septiembre 2012.

Mauricio Chavarro, Andrea García, Jason García, Jose Pabon, Andrea Prieto, Astrid Ulloa. Amenazas, riesgos, vulnerabilidad y adaptación frente al cambio climático. Material de difusión y socialización sobre el cambio climático. UNODC-Colombia Proyecto AD/COL/21 Preparándose para el futuro. Bogotá 2008. ISBN: 978-958-98840-1-0.

Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgo. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, Proyecto de Asistencia Técnica en Gestión del Riesgo a nivel Municipal y Departamental. Versión 1, Para publicación web Julio. Bogotá D.C., Julio. 2012.

9. CONCLUSIONES

El presente estudio de riesgos permite generar las siguientes conclusiones:

- El riesgo por inundación se concluye en MUY ALTO dado el análisis y evaluación realizado, donde se plantea la construcción de viviendas del tipo palafítico.
- El sub-suelo en estudio es de naturaleza heterogénea, conformado por depósitos cohesivos de limos y arcillas de alta y baja compresibilidad, y por suelos de naturaleza friccionante tipo arenas arcillosas, limo-arcillosas y limosas. Presenta estabilidad apropiada para el desarrollo de proyectos urbanísticos, dando cumplimiento a lo establecido en la norma relacionada con construcción sismo resistente. Desde el punto de vista geológico, la conformación del predio del plan parcial y las pendientes mínimas que existen hace que la amenaza por movimientos en masa sea BAJA.
- No se evidencian eventos históricos sísmicos en el área de influencia del proyecto.
- No se evidencian eventos históricos de remoción en masa en el área de influencia del proyecto.
- El riesgo por sismicidad es BAJO, clasificación obtenida a partir de la conformación del suelo, la localización de las fallas geológicas en el Departamento del Atlántico y el histórico de eventos con su respectiva magnitud. Se requiere la aplicación de las normas sismo-resistentes legalmente establecidas en Colombia.
- Se recomienda implementar las normas de seguridad industrial en la fase de construcción del proyecto y los estándares de seguridad establecidos por norma para las instalaciones desarrolladas.
- Se concluye que el riesgo antrópico es BAJO y mitigable.