

## 7. EVALUACION Y ZONIFICACION DE AMENAZAS NATURALES MUNICIPIO DE TRINIDAD

La identificación y evaluación de las condiciones del medio físico, que se pueden constituir en una amenaza natural para el Municipio de Trinidad, hacen parte del análisis integral de los recursos físico – bióticos; Identificando primordialmente las zonas que presentan amenaza con cierto grado de riesgo para la población, la infraestructura y los recursos naturales.

Los fenómenos naturales se presentan en una región con menor o mayor intensidad dadas las variaciones climáticas propias de una zona (altos niveles de precipitación, régimen monomodal de las lluvias, influencia de las corrientes de los vientos, etc.), que para el caso del municipio de Trinidad no es ajeno a estos factores, además de su marcada influencia con la cuenca del Río Pauto primordialmente, sumado a las características topográficas del área de sabana, la fuerte intervención antrópica en todos los sectores de la cuenca del río y otros agentes modificadores del clima a nivel regional y mundial, que alcanzan a tener injerencia en la región, especialmente en la orientación de las corrientes de los vientos y marinas, cambios en la temperatura global, la disminución de la capa de ozono, etc.

Ciertos sucesos recientes han planteado la necesidad de contar con una eficaz preparación y conocimiento para prevenir y afrontar casos de emergencia a nivel mundial, nacional y local. Estos acontecimientos incluyeron desastres naturales de considerables proporciones, daños al medio ambiente y pérdidas de vidas humanas.

En Colombia se recuerda la avalancha de lodo del Nevado del Ruiz sobre el municipio de Armero en Tolima en 1985, el terremoto en Popayán en 1983, el huracán Joan en la costa norte y San Andrés en 1988, una serie de derrames de petróleo por atentados terroristas en el oleoducto Caño Limón Coveñas desde 1986 hasta nuestros días, la Avalancha del Río Paez en 1994, la gran mancha de lodo en el Río San Jorge en 1997.

Por amenaza se considera una condición física, química o natural, con el potencial de causar consecuencias no deseables o graves daños sobre la población, la propiedad y el medio ambiente, etc.

La amenaza se expresa en términos de la probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso dentro de un lapso de tiempo específico y sobre un área determinada.

Las amenazas naturales a tener en cuenta son causadas por: *Agentes Geológicos*, tales como: Terremotos, movimientos en masa, derrumbes, etc.

*Agentes Meteorológicos*, como inundaciones, sequías, incendios forestales, etc.

*Agentes Biológicos*, incluye los fenómenos relacionados con la regulación del equilibrio trófico en uno o más ecosistemas, como la migración de aves, epidemias, plagas, etc.

Se consultó información como el Mapa de Riesgos para las principales Cuencas Hidrográficas del Departamento de Casanare, 1996, elaborado por BIOESTRATEGRAFICA LTDA, que para el municipio de Trinidad, se toman las corrientes principales pertenecientes a las cuencas de los Ríos Guachiría, Pauto y Meta.

El mapa de amenazas naturales del municipio se constituye en una herramienta inicial con el fin de determinar la vulnerabilidad y grado de riesgo de las poblaciones, cultivos y recursos naturales.

### 7.1 METODOLOGÍA

Dentro del proceso de análisis y evaluación de las Amenazas Naturales, en la tabla N° 7.1, se hace una relación de los factores de análisis e información requerida para cada caso.

Con base en las características físicas, como geología, geomorfología, agentes modeladores del paisaje, pendientes naturales, usos del suelo, factores climatológicos, etc., para el municipio de Trinidad se realizará mayor énfasis a las amenazas por inundaciones e incendios forestales.

**TABLA N° 7.1, FACTORES DE ANALISIS E INFORMACION REQUERIDA EVALUACION DE AMENAZAS NATURALES.**

| TIPO DE AMENAZAS  | FACTORES DE ANALISIS   | INFORMACION REQUERIDA  |
|---|--|--|
| <b>GEOLOGICAS</b><br>Deslizamientos<br>Movil. Remoción<br>en Masa | Pendientes<br>Litología<br>Precipitación<br>Sismicidad   | Geología<br>Geomorfología<br>Pendientes<br>Cobertura Vegetal<br>Unidades de Suelo<br>Hidrología                                      |
| <b>SISMICIDAD</b>   |  | Registros<br>Ingeominas  |
| <b>METEOROLOGICAS</b><br>Inundaciones                             | Precipitación<br>Pendientes<br>Procesos<br>Geodinámicos<br>Zonificación<br>Climática<br>Dinámica Fluvial | Hidrología<br>Cobertura Vegetal<br>Pendientes<br>Geomorfología<br>Registros<br>Históricos<br>Unidades de Suelo<br>Inf. Meteorológica |

Teniendo en cuenta que la base cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC a escala 1:100.000 no es actualizada, fue necesario realizar un ajuste de las geoformas y del trazado de los cursos de los cuerpos de agua, infraestructura vial, etc. con la ayuda de las imágenes de satélite, Landsat Path 6 Row 56 de febrero de 1994, igualmente se consultó la información meteorológica disponible para esta zona por el IDEAM, adicionalmente se contó con información del INGEOMINAS<sup>1</sup>, UPTC<sup>2</sup> y firmas consultoras como BIOESTRATIGRAFICA LTDA Y HS INGENIERIA LTDA, información que fue valorada y complementada con trabajo de campo.

Sobre las fotografías aéreas se realiza la interpretación geomorfológica, al igual la identificación de las características dinámicas de las corrientes principales, descripción de la litología, se toman registros fotográficos, georeferenciación de cada sitio en el mapa base y se identifican los núcleos poblados asentados en toda el área del municipio de Trinidad; una vez identificados los sitios críticos y cuantificado sus factores amenazantes, se define su potencial de riesgo,

<sup>1</sup> INGEOMINAS, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras.

<sup>2</sup> UPTC, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

con relación a desbordamientos e inundaciones.

## 7.2 Tipos de Amenazas

Las contingencias pueden ser originadas por la manifestación de un fenómeno natural o pueden ser ocasionadas por la actividad humana o como consecuencia de una falla de carácter técnico; las amenazas se clasifican en Naturales y Antrópicas:

### Amenazas Naturales:

#### Amenazas por Inundaciones

Las inundaciones se presentan especialmente por crecidas súbitas de los niveles de agua en épocas de intensas lluvias (mayo, junio y octubre), donde los ríos presentan partes topográficas más bajas, siendo más susceptibles a ocasionar desbordamientos y causar inundaciones considerables. Este proceso está más influenciado en las zonas de meandros, por presentar zonas planas y topográficamente bajas. Las inundaciones pueden ser casi permanentes en los cauces abandonados (antiguos cauces) o temporales por crecidas súbitas y de gran magnitud.

Las inundaciones en la zona de llanura o planicie, se presentan primordialmente por Represamiento Hidráulico, durante la época de lluvias prolongadas donde los ríos principales o de mayor envergadura, actúan como barreras por el aumento considerable de los niveles de agua, impidiendo que las corrientes menores entreguen sus aguas con la misma rapidez, produciéndose un represamiento del agua en caños, quebradas y ríos secundarios, inundando extensas zonas aledañas al cauce y zonas bajas o esteros.

Topográficamente el municipio de Trinidad se encuentra localizado sobre la zona de sabana, caracterizada por presentar un relieve plano, con alturas inferiores a los 200 m.s.n.m, pendiente suave, proporcionándole un mal drenaje.

El impacto causado por las inundaciones es considerable, además de las consecuencias de pérdida de vidas humanas y hogares destruidos, destrucción de cosechas, rotura de los sistemas de conducción de agua,

contaminación del agua de consumo, pueden llegar a causar epidemias de cólera, paludismo, dengue, y adicionalmente las labores de limpieza o eliminación de lodo y desechos resultan bastante difíciles y costosas.

### **Amenazas por Movimientos Sísmicos**

El territorio Casanareño fue escenario de una intensa actividad tectónica principalmente durante el Plioceno, dando origen a hundimientos, levantamientos, plegamientos y fallamientos.

Con relación a lo supracitado, el departamento de Casanare, presenta cierto control estructural por la evidencia de fallas de rumbo perpendiculares al sistema de fallas inversas del cabalgamiento de Guaicaramo, en varios cuerpos de agua, como el río Cravo Sur, que discurren de la zona de montaña y piedemonte hacia la cuenca del Río Meta.

La falla de Yopal representa el segmento más externo u oriental con rasgos neotectónicos claros, asociados al frente de montaña de la cordillera oriental, siendo una falla activa y de baja influencia para el municipio de Trinidad.

La falla del río Meta, se ha comportado como una falla estable, que sirve de límite a la cuenca sedimentaria de Casanare, donde a partir del periodo Pleistoceno Tardío predominan los procesos de sedimentación; de otro lado no existen reportes de actividad de esta falla, considerándose de baja influencia sísmica para la zona de estudio.

Teniendo en cuenta la zonificación sísmica realizada por el INGEOMINAS<sup>3</sup>, el área comprendida por el municipio de Orocué, se encuentra en una franja de riesgo medio a bajo por actividad sísmica. En la actualidad y en caso de presentarse movimientos sísmicos las áreas más afectadas serán aquellas ubicadas en el sector montañoso, con cierta influencia hacia el sector de piedemonte y bajo en la zona de sabana. En conclusión para el municipio de Trinidad este fenómeno no reviste

peligro inminente por lo tanto su riesgo no se evalúa a mayor detalle.

### **Amenazas Por Incendios Forestales**

Casanare es un departamento rico en recursos naturales, sin embargo, estos se han visto amenazados por la fuerte intervención antrópica.

Los incendios forestales en Casanare, son una de las principales causas del deterioro ambiental, ya que contribuye a la contaminación del aire, secamiento de las fuentes de agua, degradación de los suelos, pérdida de fauna y flora nativas, además de provocar procesos de erosión y por ende incrementar de las situaciones de emergencia por ocurrencia de deslizamientos, inundaciones, etc.

A lo citado anteriormente se le suma las condiciones climáticas de sabana y piedemonte, con un régimen monomodal muy marcado de las precipitaciones, cambios de los regímenes microclimáticos a nivel local y regional, fenómenos como el del Pacífico, por ser este un fenómeno cíclico con cierta injerencia en la Orinoquia y en todo el departamento de Casanare y por la influencia de los vientos alisios principalmente.

Según el diagnóstico realizado por el centro de predicción del clima NCEP (EEUU), e IDEAM, este fenómeno tiene manifestaciones con episodios de fuerte calor por presentarse anomalías de temperaturas entre 1 y 3°C, igualmente se presentan alteraciones sobre la distribución de las lluvias, de acuerdo al reporte del IDEAM,<sup>4</sup> para la Orinoquia y en especial para el departamento de Casanare, el fenómeno del Pacífico coincide con la situación climática de verano 97-98, siendo sus efectos más tenues.

La expansión de la frontera agrícola sobre áreas boscosas, especialmente sobre el bosque de galería, a través de las quemadas recurrentes constituye un hecho cultural arraigado a las costumbres de explotación de la tierra para actividades agropecuarias, como

<sup>3</sup> Ibidem.

<sup>4</sup> Boletín informativo, sobre el pronóstico del tiempo, en relación con la presencia del fenómeno del Pacífico, para el departamento de Casanare y la Orinoquia, dic/97

el único sistema económico para el manejo de sabanas e implementación de la agricultura migratoria.

En el departamento de Casanare el 95 % de los incendios ocurridos son de origen antrópico y de estos el 70% son causados por las quemadas realizadas como práctica agrícola y otros trabajos similares.

Las áreas dentro del municipio de alto riesgo son aquellas cuya cobertura vegetal está constituida por bosques secundarios y bosques de galería, ubicados en las rondas de ríos y caños y los rastrojos altos y bajos, ubicados especialmente en las veredas Matapalo, La Isla, El Milagro, Guamal, San Pedro de Guachiría, El Pozo, Paso Real de la Soledad, Casco Urbano de Trinidad y la vereda El Bucare.

De riesgo moderado se clasifican las áreas cuyas coberturas son rastrojos bajos más pastos, localizados en el área urbana del municipio, hacia el oriente en límites con el Río Meta y los pastos ubicados hacia el sector occidental del municipio, en las veredas La Isla, El Pozo, El Caimán, El Palito, Paso Real de la Soledad, área urbana del municipio, El Bucare, El Banco de la Cañada, Santa Marta, San Joaquín, Guasimal y Bélgica.

#### **Acciones**

En el Departamento de Casanare, ningún municipio cuenta con la infraestructura necesaria, ni con equipos adecuados para el control de incendios forestales; igualmente no existe un comité local que atienda un incendio forestal como tal.

A nivel Nacional y departamental con la creación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, el Sistema Nacional Ambiental y la reciente creación de la Comisión Nacional Asesora en Prevención y Mitigación de Incendios Forestales<sup>5</sup>, por el Ministerio del Medio Ambiente, se han iniciado acciones tendientes a sensibilizar y capacitar sobre este tema. Sin embargo se requiere un mayor esfuerzo del

<sup>5</sup> Publicación Especial, Programa Nacional para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales en Colombia, Ministerio de Medio Ambiente, 1997.

gobierno departamental y municipal, de la Corporación Autónoma Regional y de los distintos sectores de la población civil, para adelantar acciones y programas tendientes a prevenir y mitigar los efectos de los incendios forestales y mejorar la estructura de respuesta de los comités locales en cuanto a instrumentos mínimos de contraincendio y logísticos, para maximizar su eficiencia.

#### **Amenazas de Origen Antrópico:**

Las contingencias que tienen origen antrópico, o relacionadas con la actividad humana, pueden ser causadas en forma accidental o intencional por el hombre, o a consecuencia de presiones indebidas y puntuales sobre los elementos naturales.

Existe una diversidad de contingencias que tienen origen humano, por eso es preciso identificar en cada municipio, las amenazas que acompañan cada actividad humana en los diferentes ambientes tecnológicos y sociales.

En general los grandes centros urbanos son los que ofrecen una alta susceptibilidad a que se presente este tipo de eventos, debido a la alta concentración de la industria, medios de transporte masivo y donde el crecimiento urbano es desordenado y las zonas industriales se entremezclan o acaban rodeadas por asentamientos humanos.

Para el municipio de Trinidad, la existencia o presencia de industrias con cierto nivel tecnológico, esta limitada a las estaciones de Palmarito, Los Toros, Chaparrito y Trinidad de la empresa PERENCO, la cual cuentan con una infraestructura adecuada para la atención de emergencias de tipo industrial, sin embargo estas son susceptibles a ataques externos, y fallas tecnológicas. Las actividades antrópicas se consideran como agentes influyentes, sobre la presencia o no de una amenaza natural, debido a la presión que este ejerce sobre los ecosistemas, aumentando su severidad o proporcionándole condiciones más propicias para que suceda un evento. Ejemplos se encuentran en la construcción de viviendas en zonas de las vegas de los ríos, en zonas potencialmente inestables, imprevisiones en la construcción de carreteras, la deforestación de los bosques de galería para agricultura y establecimiento de potreros, practicas

inadecuadas de mecanización, caza indiscriminada de especies faunísticas, atentados terroristas, mal manejo de residuos, etc.

### 7.3 FACTORES DE ANALISIS

Geológicamente el municipio de Trinidad se localiza sobre la llanura aluvial, de la cuenca Media - Baja del Río Pauto, con influencia en menor escala la cuenca del Río Guachiría, predominando los sedimentos aun no consolidados del cuaternario reciente, lo cual permite o facilita su erodabilidad.

Hacia el sector de la sabana (200 m.s.n.m), los ríos han perdido su capacidad de carga y solo llevan en suspensión sedimentos finos, la característica de sus cauces es de lechos amplios y de poca profundidad, favoreciendo la ocurrencia de fenómenos naturales como desbordamientos, inundaciones y cambios del curso de los ríos. Dentro de la extensa llanura, existen numerosos caños que nacen en esta zona y que conforman la red de drenaje y evacuación de las aguas lluvias de la parte media y baja del municipio de Trinidad.

La influencia de la *precipitación* es bastante fuerte, dado el tipo de régimen *Monomodal* que se presenta en la zona de piedemonte y sabana, durante los meses de abril a noviembre. De acuerdo a los balances hídricos realizados para esta zona, se presenta un excedente considerable de agua lluvia para esta época.

El patrón de precipitación máxima muestra a los meses de mayo, junio, agosto y octubre como los meses que ocasionalmente presentan las mayores precipitaciones, véase tabla 7.2.

**TABLA 7.2.** PRECIPITACIONES MAXIMAS MENSUALES Y DIARIAS.

| Estación | Precipitación Max/ Mes | Precipitación Max/ Día | Mes | Año |
|----------|------------------------|------------------------|-----|-----|
| Pore     | 534                    | 138                    | Jun | 95  |
| San Luis | 501                    | 120                    | Oct | 94  |
| Trinidad | 466                    | 115                    | May | 97  |
| Orocue   | 528                    |                        | Jun | 90  |

Es de resaltar que hacia la parte alta (zona de piedemonte), como lo muestra la estación de

Pore, se presentan las mayores precipitaciones diarias y mensuales; estas lluvias tan altas aumentan considerablemente los caudales de los Ríos Pauto y Guachiría, originando desbordamientos e inundaciones en las zonas bajas del municipio de Trinidad

De la gráfica de Intensidad – Duración – Frecuencia, del estudio de Evaluación de Amenazas del Río Pauto en el Municipio de Trinidad (UPTC), existe una clara evidencia que las lluvias con mayor intensidad se presentarán con un rango de duración entre 30 y 50 minutos.

*El tipo de drenaje* característico de la zona de sabana es paralelo a subparalelo, donde algunos cuerpos de agua, que discurren en dirección NW – SE, desde el piedemonte hacia la cuenca del Río Meta, están controlados estructuralmente por fallas de rumbo, perpendiculares al sistema de fallas inversas de cabalgamiento del borde llanero.

El *Río Pauto*, como cuerpo de agua principal, presenta una cuenca alargada, con un área de 1838 Km<sup>2</sup>, longitud total de 250 Km. 83 afluentes principales, pendiente media de 13 m/km. y una velocidad media de 2 m/seg.

Dentro de la influencia que tiene el Río Pauto sobre el municipio de Trinidad, observamos que corre sobre sedimentos finos, especialmente limos y arcillas y presenta las menores pendientes y numerosos meandros.

A la cuenca del Río Pauto drena el 60 % del área del municipio de Pore, el área que drena del municipio de San Luis de Palenque es mínima, incluso en épocas de niveles altos las aguas que se desbordan drenan hacia la cuenca del Río Guanapalo, siendo el municipio de Trinidad por extensión, el que mayor aporta aguas lluvias hacia la cuenca del río, con un valor del 40% del total del área, donde el Caño Matevaquero es uno de los drenajes más importantes y límite de la cuenca. Existen otros caños menores que drenan directamente hacia la cuenca del Río Meta, como el caño Yaguarapo y Yatea.

#### *Caudales Máximos del Río Pauto*

De acuerdo a los reportes emitidos por el IDEAM, en la cuenca del Río Pauto no existen

estaciones de medición de los niveles del agua, la estación existente se encuentra cerca de la desembocadura del río Pauto al Meta.

Los datos tenidos en cuenta para este análisis, fueron tomados y analizados de la información secundaria del Estudio de Impacto Ambiental de la Vía Trinidad – San Luis de Palenque, donde se realizó una estimación de los caudales, teniendo en cuenta información del plano de isorrendimientos medios

multianuales, publicado por el Departamento Nacional de Planeación.

La estimación de los caudales máximos del Río Pauto, se realizó con ayuda del método de transposición de información de una cuenca vecina, escogiéndose la cuenca del Río Tocaría, por cuanto presenta características morfológicas similares, véase tabla N° 7.3.

**TABLA N° 7.3 CAUDALES MAXIMOS MENSUALES DEL RIO PAUTO**

| ANO   | ENE   | FEB   | MARZ  | ABR   | MAY    | JUN  | JUL   | AGOST  | SEPT   | OCT    | NOV | DIC   |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|-------|--------|--------|--------|-----|-------|
| 1992  | 30.78 | 51.45 | 17.6  | 583.2 | 851.8  | 1172 | 610   | 745.8  | 929    | 954    | 325 | 52.5  |
| 1993  | 21.6  | 16.8  | 113.3 | 637.7 | 1006   | 1650 | 1224  | 1801   | 1124   | 1555.4 | 912 | 211.3 |
| 1994  | 25.1  | 30.5  | 85.8  | 1104  | 1674   | 2347 | 697   | 1497   | 2497   | 2562   | 122 | 38.7  |
| Prom. | 25.8  | 32.4  | 72.2  | 774.9 | 1177.2 | 1723 | 841.6 | 1347.9 | 1516.6 | 1556.6 | 453 | 302.5 |

#### *Caudales Máximos del Río Meta*

El Río Meta es la principal cuenca hidrográfica del departamento de Casanare, siendo el límite natural por el costado oriental del municipio, con el departamento del Vichada, sobre el Río Meta desembocan todos los ríos de esta zona. En el sector que le corresponde a Trinidad el río tiene un ancho que varía de 1 Km. a 2.5 Km., sus aguas transportan gran cantidad de sedimentos y los altos niveles presentados

durante la época de lluvias, como lo muestra la tabla 7.4, ocasiona inundaciones de una buena parte de la margen izquierda que corresponde a los municipios de Trinidad, San Luis de Palenque y Orocué principalmente. Esta franja llega a tener varios kilómetros, no solo por el desborde del Río Meta sino también por el represamiento hidráulico que experimenta la mayoría de afluentes del río en este sector.

**TABLA N° 7.4: CAUDALES TOTALES MEDIOS Y MAXIMOS MENSUALES RIO META, ESTACION BONANZA, MPIO DE LA PRIMAVERA, m<sup>3</sup>/seg, (1990 y 1997)**

| CAUDAL        | ENE   | FEB   | MARZ  | ABR   | MAY  | JUN  | JUL  | AGOS | SEPT | OCT  | NOV  | DIC   |
|---------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <b>MINIMO</b> | 381.6 | 361.8 | 414.0 | 556.0 | 2004 | 3529 | 4852 | 3751 | 2925 | 2258 | 1751 | 803.5 |
| <b>MAXIMO</b> | 1035  | 941.0 | 1037  | 2998  | 4724 | 6378 | 7297 | 5732 | 6003 | 6719 | 6613 | 2685  |
| <b>MEDIO</b>  | 651.1 | 581.8 | 683.5 | 1515  | 3684 | 4849 | 5979 | 4762 | 4055 | 3706 | 3044 | 1428  |

De acuerdo con los datos de la tabla anterior, el Río Meta presenta los mayores caudales durante los meses de junio, julio y agosto, con 4849, 5979 y 4762 m<sup>3</sup>/seg respectivamente y los caudales máximos se han presentado durante los meses de julio y octubre de 1997, con valores de 7297 y 6719 m<sup>3</sup>/seg. Esto trae como consecuencia el aumento considerable de los niveles de la tabla de agua, afectando la evacuación o entrega de los ríos y caños que drenan del área de piedemonte y de la sabana del municipio de Trinidad especialmente.

#### **7.4 AGENTES QUE INFLUYEN EN LOS PROCESOS AMENAZANTES**

*Las Fluctuaciones de Caudal de las Corrientes,* entre la época de verano e invierno son muy notorias, presentándose eventos de cuatro a seis veces mayores durante el invierno. Estos caudales se tornan incontrolables, debido a los lapsos de tiempo muy cortos de a veces horas, presentándose con tal intensidad que resulta ser una amenaza o peligro para la población y cultivos ubicados dentro del radio de influencia. Estos eventos no solo causan inundaciones



sino que vienen acompañados de procesos erosivos y de socavación de los taludes y depositación o colmatación de algún sector aguas abajo donde la pendiente o las condiciones topográficas lo permiten, hacia el sector de Trinidad, el río Pauto solo lleva material en suspensión y los efectos erosivos, son más tenues.

*El Alto Índice de Deforestación* que se presenta en todas las cuencas hidrográficas de los municipios que drenan hacia él, observándose desde su nacimiento, hasta la desembocadura del Río Pauto al Meta, especialmente para la implantación de cultivos o pastos manejados.

*La Extracción de Materiales Pétreos* dentro del cauce activo del Río Pauto (parte alta), por métodos inadecuados, a profundidades que sobrepasan los niveles óptimos y sobreexplotación de áreas, obligando a canalizar el río por cierto sector alterando o modificando las condiciones hidráulicas naturales como velocidad, gradiente hidráulico, etc. por cuanto estas actividades se realizan sin un estudio previo y un planeamiento del sistema de explotación y en áreas no adecuadas, muy cerca al casco urbano, para la extracción de arena principalmente.

*Alteración de la Calidad del Agua*, los municipios localizados sobre la cuenca del Río Pauto, como Trinidad, San Luis de Palenque e indirectamente Pore, vierten las aguas residuales domésticas y disponen los residuos de los mataderos sobre el río Pauto sin ningún tratamiento efectivo; además, los diferentes pozos sépticos existentes no reúnen las características técnicas de un sistema de disposición, convirtiéndose en factores contaminantes de las aguas subterráneas, dadas las características litológicas de los depósitos aluviales presentes en la zona. A estos vertimientos se le suman los descoles de las arroceras contaminados con sustancias químicas como fungicidas, insecticidas y herbicidas de alta toxicidad y que en la actualidad tienen uso prohibido o restringido, los que van a ser entregados finalmente al Río Pauto. Estos procesos de degradación de la calidad de las aguas se vienen presentando por la falta de concientización de las administraciones municipales y comunidad en general y la falta de control de los organismos

de salud y medio ambiente, por cuanto se vienen utilizando sustancias químicas como fungicidas, herbicidas y plaguicidas de alta toxicidad que en la actualidad tienen uso restringido o prohibido, afectando grandemente la calidad del agua del río Pauto que es utilizada por algunos pobladores ribereños para consumo y abrevadero de ganado.

*Uso Indiscriminado del Agua para Riego de Cultivos.* De los Ríos Guachiría y Pauto se extrae un alto porcentaje de sus caudales por medio de canales de riego. En el Río Pauto en su margen derecha, a la altura del puente sobre la marginal del Llano, existen varios canales de riego localizados en jurisdicción del municipio de Nunchía, en el municipio de Pore, existen tres canales principales, (2 en el Pauto y 1 en el Guachiría), en el municipio de San Luis de Palenque existe un (1) canal del río Pauto, en el municipio de Trinidad hasta la fecha no se ha observado ningún canal. Estos canales no poseen sistemas de control del caudal, siendo un riesgo inminente de inundación para los predios vecinos a las áreas cultivadas en épocas de lluvias intensas.

Los canales existentes en el municipio de Pore, más los sumados a los existentes en los municipios de Nunchía y San Luis de Palenque, traen consecuencias graves, disminuyendo la capacidad de transporte de sedimentos o materiales sólidos en una distancia muy corta, acelerando la sedimentación y modificando los cursos actuales, obligando a que el agua se abra paso por nuevos brazuelos o migre lateralmente desestabilizando los taludes naturales del río Pauto, tal como se observa en la parte media de la cuenca, también se ve afectada la oferta del recurso para la fauna y suministro de agua para abrevadero de ganado.

## **7.5 DETERMINACIÓN DE FACTORES Y PARÁMETROS**

Al combinar el mapa temático de Susceptibilidad a la Erosión con el mapa Geomorfológico, más el mapa de Unidades Hidrológicas, más un factor externo o de disparo considerado como el Caudal Máximo Mensual experimentado por el Río Pauto, por ser el cuerpo de agua que tiene mayor injerencia directa en la presentación de

inundaciones, se obtiene el Mapa de Susceptibilidad a Amenazas por Inundaciones.

Teniendo en cuenta los resultados de la evaluación de las características geomorfológicas, hidrológicas y de erosión, se realizó la clasificación y valoración de acuerdo a la susceptibilidad de estas a presentar inundaciones, véanse tablas 7.5, 7.6 y 7.7.

**TABLA 7.5.** CLASIFICACION Y CALIFICACION DE LAS UNIDADES GEOMORFOLOGICAS DE ACUERDO A LA SUSCEPTIBILIDAD A LAS INUNDACIONES.

| UNIDADES GEOMORFOLOGICAS   | SUSCEPTIBIL. A AMENAZAS POR INUNDACION | FACTOR |
|--|--|--------|
| - Llanura aluvial de Inundación Permanente (vegas + terrazas)<br>- Llanura aluvial de Inundación | ALTA                                   | 6      |
| Llanura Aluvial de Desborde  | MODERADA                               | 4      |

**TABLA 7.6.** CLASIFICACION Y CALIFICACION DE LAS UNIDADES HIDROLOGICAS A LA SUSCEPTIBILIDAD A AMENAZAS POR INUNDACIONES

| UNIDADES HIDROLOGICAS  | SUSCEPTIBILIDAD A AMENAZAS POR INUNDACION | FACTOR |
|--|---|--------|
| Cuenca Río Pauto<br>Cuenca Río Meta<br>Microcuenca Caño Yatea<br>Microcuenca Caño El Garcerero<br>Microcuenca Caño Cepilla<br>Microcuenca Caño Yanague | ALTA                                      | 6      |
| Cuenca Río Guachiría   | MODERADA                                  | 4      |

**TABLA 7.7.** CLASIFICACION Y CALIFICACION DE LAS UNIDADES DE SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSION PARA LAS AMENAZAS POR INUNDACIONES

| UNIDADES DE SUSCEPTIBIL. A LA EROSION | SUSCEPTIBILIDAD A AMENAZAS POR INUNDACION | FACTOR |
|---------------------------------------|---|--------|
| Baja + Media                          | ALTA                                      | 6      |
| Alta                                  | MODERADA                                  | 4      |

AI (Amenazas por Inundaciones) = Unidades Geomorfológicas + Unidades Hidrológicas + Susceptibilidad a la Erosión + Factor de Disparo

$$AI = UG + UH + SE + FD$$

UG = Valor de los parámetros Geomorfológicos

UH = Valor de los parámetros de las unidades Hidrológicas

SE = Valor del parámetro de la susceptibilidad a la Erosión

SD = Valor del Factor de Disparo

El factor de disparo se considera como un parámetro de cualificación de las unidades geomorfológicas e hidrológicas, por lo anterior, en la ecuación final este no tendrá valor.

La valoración de los parámetros intrínsecos de los suelos, geofomas y características de las rocas, características de las cuencas, microcuencas, rangos de precipitación, sumado al factor de disparo que para el caso de la Susceptibilidad a Amenazas por Inundaciones, se tubo en cuenta el valor del Caudal Máximo del Río Pauto.

La ecuación final queda así:

$$AI = 5.0 UG + 3.0 UH + 2.0 SE$$

## 7.6 ANÁLISIS Y PROCESO DE DATOS

El análisis de la presencia de amenazas naturales en el municipio de Trinidad, se constituye en un factor fundamental para la determinación de las zonas del municipio que tendrían restricciones de uso del suelo o limitaciones de algún tipo de actividad, La identificación y zonificación de áreas con peligro a una amenaza es indispensable para el establecimiento de una normatividad en cuanto al uso de la tierra, practicas agropecuarias, culturales, etc. y para la programación de las medidas orientadas a prevenir y reducir la vulnerabilidad de riesgo de la comunidad, infraestructura y recursos naturales.

De las interacciones anteriores más el análisis de los expertos, se puede llegar a determinar los grados de Amenazas Naturales del municipio de Trinidad como sigue:



**Alta Susceptibilidad a Presentar Amenaza por Inundaciones (SAI):** Alta susceptibilidad a presentar amenazas por inundaciones, con presencia en la Llanura Aluvial de Inundación Permanente y la Llanura Aluvial de Inundación; presenta pendientes  $\leq 3\%$ , en área de las microcuencas: Cuenca Río Pauto, Cuenca Río Meta, Mca Caño Yatea, Mca Caño El Garcerero, Mca Caño Cepilla, Mca Caño Yanague.

Tiene un área de 265.140 hectáreas, correspondiendo al 92.67 % área del municipio, y se localiza en la mayoría de las veredas del municipio.

**Moderada Susceptibilidad a Presentar Amenaza por Inundaciones (SMI):** Moderada susceptibilidad a presentar amenazas por inundaciones, con presencia en la Llanura Aluvial de Desborde; presenta pendientes  $\leq 3\%$ , en área de la cuenca del Río Guachiría.

Tiene un área de 20.980 hectáreas, correspondiendo al 7.33 % área del municipio, y se localiza en las veredas aledañas a la margen derecha del río Guachiría, estas son Santa Marta, Paso real de la Soledad, San Pedro del Guachiría, Los Chochos y Porvenir del Guachiría.

## 7.7 RECOMENDACIONES

Aunque las inundaciones son inevitables, se puede adoptar una serie de medidas para reducir sus efectos devastadores; son muchos los esfuerzos que se vienen adelantando en Casanare por parte de las instituciones del estado y del sector productivo, para establecer controles y/o obras de protección a las

diferentes maneras de manifestación de los fenómenos naturales o la ocurrencia de siniestros de origen antrópico.

Una vez identificadas las áreas con alto riesgo por amenazas o susceptibles a inundaciones, etc., se deberá concientizar a la población con el fin de dársele un uso racional y adecuado a la tierra y establecer un conjunto de normas y prácticas forestales que conlleven a conservar y preservar las áreas de mayor riesgo.

La planificación para contingencias, entendido como el proceso de identificación de las amenazas y la consecuente preparación para responder adecuadamente a su eventual manifestación, resulta ser una herramienta gerencial cuya implementación en el ámbito local debe ser asumida por la administración municipal en cabeza del señor Alcalde.

Para el municipio de Trinidad, se recomienda un control de los niveles del Río Pauto en época de invierno en especial los meses que presentan mayor intensidad la lluvia. El sitio para la instalación de un sistema de alarma podría ser el sector de La Plata o incluso un poco más aguas arriba; se debe tener acceso continuo a los pronósticos de lluvias. Además, se debe discutir la posibilidad de construcción de un muro de contención o malecón, que proporcione una protección inmediata a los taludes, especialmente sobre la ribera del casco urbano.