

4. METODOLOGÍAS UTILIZADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA AMENAZA EN ZONAS DE LADERA, EN EL MUNICIPIO DE MEDELLÍN

Desde la década de los años cincuenta existen trabajos que, refiriéndose a la planificación del uso del suelo, realizan algunos planteamientos con respecto a las limitaciones de las laderas del valle para ser usadas en el desarrollo de proyectos urbanísticos, particularmente viviendas. Sin embargo, es sólo a partir de la década de los ochenta cuando realmente se inicia la relación de estudios que buscan definir, de una manera técnica, las limitaciones y posibilidades de uso de las áreas de ladera. De igual forma, se buscaba determinar las causas de los problemas observados, evaluar su impacto y proponer medidas correctivas.

Entre 1980 y 1985 se realizan una serie de trabajos que abordan problemáticas particulares, su alcance se reduce a la explicación de un fenómeno puntual o a la caracterización de un área específica. Básicamente estos trabajos son motivados por la ocurrencia de un evento "natural" (avenida torrencial, deslizamiento) de dimensiones significativas que llama la atención de los profesionales de la ciencia de la tierra.

Durante este período toma fuerza en los medios académicos y gubernamentales la idea de una ciudad expuesta a un alto “riesgo geológico”²⁷. Los eventos observados son considerados como la expresión de la inestabilidad de las vertientes que conforman el valle. Recordemos además que en este momento los planteamientos sobre el origen del valle apuntan a considerarlo como una fosa tectónica activa, con lo cual las posibilidades de que ocurran eventos de gran magnitud son considerables. A todo lo anterior habría que agregar el avance de la urbanización informal sobre las zonas de ladera, creando condiciones favorables a la inestabilidad de las vertientes.

El aumento significativo del número de eventos desastrosos durante 1985 y la aparición de una normatividad que obliga a los alcaldes a demarcar con precisión las zonas de alto riesgo existentes en sus jurisdicciones, llevan al Departamento Técnico de Planeación Metropolitana a adelantar un trabajo que permita delimitar “las áreas de alto riesgo” y realizar las recomendaciones respectivas para solucionar los problemas. El resultado de este proyecto puede ser considerado como el primer intento por establecer un procedimiento ordenado y coherente para la evaluación de los problemas de inestabilidad²⁸ (evaluación del riesgo). El Decreto 15 de 1985 recoge la delimitación realizada y las recomendaciones planteadas.

²⁷ El término es usado siguiendo los planteamientos de la época, aunque en este trabajo se señala su inconveniencia.

²⁸ Los autores de la época se refieren a zonas de alto riesgo. Dado que en la última década este término ha sido definido en un sentido diferente al de peligro; se prefiere no usarlo en este contexto.

El planteamiento central de esta primera zonificación, consistía en considerar que el mapeo sistemático de los eventos recientes ocurridos en las zonas de ladera podría ser utilizado para identificar las áreas de mayor nivel de riesgo, así las zonas donde se concentraran una mayor cantidad de eventos correspondería a las más inestables. Se suponía que la delimitación obtenida daba cuenta de las características naturales de estabilidad de la vertiente. Es importante señalar que las “manchas rojas” resultantes de mapear los eventos fueron validadas con visitas de campo y la realización de estudios puntuales

Indiscutiblemente, la importancia de este trabajo no está tanto en los criterios y procedimientos utilizados como en los desarrollos posteriores que propone. El criterio mapear los eventos recientes como indicador de la dinámica natural de las vertientes es bastante discutible, sobre todo cuando al analizarlos en detalle encontramos que la mayoría de los eventos reportados ocurrían en zonas donde la intervención antrópica había alterado intensamente las dinámicas naturales de las vertientes. Al mapear los eventos no se realizó una caracterización distintiva de éstos: ¿Cuáles han resultado de una dinámica natural; cuáles son el producto de una intervención antrópica? Otro aspecto que llama la atención es que las zonas de riesgo coincidan con los asentamientos informales²⁹, producto de las invasiones o de las urbanizaciones piratas..., ¡como si el riesgo fuera selectivo! Este hecho confirma lo insuficiente de los criterios utilizados y evidencia de que

²⁹ Llamados también de manera un poco peyorativa “asentamientos subnormales”.

más que una delimitación de zonas de alto "riesgo geológico", lo que obtiene es una delimitación de áreas degradadas por la intervención antrópica

Pero lo importante de este primer trabajo, es que abrió el camino para que se iniciará una búsqueda de metodologías y métodos que permitieran caracterizar de un mejor modo la condiciones de estabilidad de las laderas e indicar sus posibilidades y limitaciones para el desarrollo de programas de urbanización. El Decreto que señala las zonas de riesgo ordena a su vez la realización de estudios puntuales para definir niveles de riesgo. El Municipio contrata firmas privadas y establece convenios con las universidades (particularmente la Universidad Nacional) para adelantar estudios en las áreas definidas como de alto riesgo.

Los estudios realizados a partir de ese momento pueden ser agrupados, considerando los criterios utilizados, en dos categorías; que si bien no se contraponen, si presentan procedimientos y formas de exponer la información suficientemente diferentes como para describirlos en forma separada. De un lado, se encuentran los estudios de carácter geotécnico o semicuantitativos; de otro lado, están los estudios de carácter geomorfológico, ambos se orientan a lo mismo: disponer de una información adecuada sobre las características de estabilidad de las laderas, que permita tomar decisiones con respecto al ordenamiento de la intervención en dichas zonas, así como disponer de instrumentos para tener un manejo adecuado de la labor de prevención y atención de desastres.

4.1 ESTUDIOS DE CARÁCTER GEOTÉCNICO

Dentro de esta categoría son incluidos los trabajos que consideran que a partir del análisis de las características geomecánicas de los suelos es posible definir su aptitud de uso, estableciendo las limitaciones y posibilidades para los desarrollos urbanísticos. En general, la geotecnia ha sido utilizada para los estudios de estabilidad de taludes naturales o artificiales, sobre los cuales se pueden conocer las características geotécnicas a nivel de detalle, es decir, se abordan problemas muy localizados. A partir de mediados de la década del ochenta, se empiezan a desarrollar una serie de trabajos que buscan establecer una metodología que permite utilizar el análisis geotécnico en la caracterización de áreas ubicadas en zonas de ladera, se busca delimitar diferentes unidades de acuerdo con sus características de estabilidad.

De los trabajos realizados el que se propone como una metodología, es decir, que defina los procedimientos y los criterios de análisis en forma coherente y ordenada, corresponde al desarrollado por el profesor Alejandro Chica Sánchez³⁰. Desde 1985, bajo la modalidad de tesis de grado, se adelantan investigaciones en diferentes sitios de la ciudad con el propósito fundamental de definir pautas de manejo que permitan controlar y/o evitar eventos catastróficos. Dichos trabajos están auspiciados por el Municipio de Medellín a través de la Secretaría de Desarrollo Comunitario.

³⁰ Profesor Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín

El principal problema que es abordado por la metodología propuesta es el fenómeno de escala, es decir, cómo manejar parámetros que pueden variar en cada punto del área de estudio, ¿cómo establecer una regionalización confiable de datos obtenidos localmente? De igual forma se aborda el problema de integrar en el análisis aspectos geológico-geomorfológicos con los aspectos geotécnicos. A continuación se describen los procedimientos y los criterios de análisis utilizados.

Conceptos teóricos: Los principales supuestos o conceptos teóricos que sustentan la propuesta metodológica son:

- ◊ ***Unidad morfológica-geológica de comportamiento geomecánico independiente:*** Constituye la unidad básica de trabajo. Es definida como la unidad de terreno “cuya estabilidad no depende del comportamiento de las zonas vecinas y complementariamente el caso viceverso”. Su delimitación sería posible combinando criterios morfológicos, litológicos y estructurales. Al interior de esta unidad se localiza la zona de interés.

- ◊ ***Regionalización geoestadística de datos de campo y laboratorio:*** Se considera que usando los criterios apropiados es posible establecer o suponer el comportamiento de un terreno del cual sólo se conocen datos puntuales.

El método propuesto consiste de las siguientes actividades:

- ◇ ***Ubicación regional del área de estudio:*** Se trata de definir un contexto morfológico y geológico de importancia para el área de estudio.

- ◇ ***Definición de la unidad geomecánica independiente:*** Según el autor “inicialmente se puede aceptar que los límites de esta unidad básica son los cambios definitivos de pendiente; sin embargo, las unidades litológicas presentan sus propiedades geomecánicas y las estructuras geológicas pueden cumplir o reducir la extensión de la unidad básica, morfológicamente definida”.

Una vez definida esta unidad se pueden identificar, localizar y dimensionar los accidentes geológicos y morfológicos, con el fin de determinar las condiciones de estabilidad de la unidad vista como un todo. Si el análisis indica condiciones favorables de estabilidad para la unidad básica se considera pertinente continuar con la investigación.

- ◇ A partir de este momento se procede a realizar un análisis de los accidentes geomorfológicos para determinar la influencia de la unidad básica sobre el área de interés. Una vez determinado esto, se procede a realizar las primeras conclusiones y recomendaciones para asegurar la estabilidad global de la zona de trabajo.

- ◊ **Por último, se debe realizar el estudio de la zona de interés.** Al respecto el autor plantea que “de acuerdo con un razonamiento lógico conjugando todos los parámetros observados, elaborar un mapa geológico-geotécnico preliminar o cualitativo de la zona de interés. El área es dividida en subzonas con diferentes grados de estabilidad y con aptitud de uso también diferente.
- ◊ Una vez planteada la zonificación cualitativa se procede a realizar un análisis detallado de perfiles longitudinales y transversales del área de estudio, el propósito es calcular factores de seguridad bajo unas condiciones específicas. Los resultados obtenidos son confrontados con el mapa geológico-geotécnico preliminar y se realizan los ajustes correspondientes para obtener el mapa geológico-geotécnico definitivo.

Los resultados se expresan utilizando una terminología que combina características de estabilidad y aptitud de uso del suelo:

-Subzonas Tipo A : *Estables independientes.*

-Subzonas Tipo B : *Estables dependientes:* La estabilidad depende de factores externos e internos, los cuales se deben corregir.

-Subzonas Tipo C : *Inestables recuperables:* Se requiere de medidas para controlar fenómenos de inestabilidad activos.

Subzonas Tipo D : *Inestables no recuperables:* No es posible detener los procesos de inestabilidad o es demasiado costoso comparada con las inversiones y los tipos de obras proyectadas.

Subzonas Tipo E1 : *Terrenos estables no utilizables:* Corresponde a áreas de retiro o protección.

Subzonas Tipo E2 : *Terrenos inestables no utilizables.*

Dentro de los planteamientos iniciales hechos por el profesor Chica, la experiencia del investigador es el otro elemento fundamental, pues como él señala la obtención del mapa final requiere de la regionalización de las observaciones puntuales y, por lo tanto, reside en la capacidad del técnico para correlacionar las diferentes variables integradas en el análisis. Esto desdibuja un poco el carácter cuantitativo asignado a este tipo de trabajos; sin embargo, el planteamiento metodológico-teórico señala que en principio se deben realizar los sondeos necesarios para conocer al detalle las características tanto superficiales como en profundidad de las formaciones superficiales analizadas.

Los trabajos realizados, sin embargo, difieren con respecto a la rigurosidad exigida por la metodología propuesta, particularmente en lo que se refiere al conocimiento de las características geotécnicas de los terrenos analizados, por lo que en última instancia las zonificaciones propuestas son más de carácter cualitativo que cuantitativo.

En síntesis el modelo geotécnico propuesto por el profesor Chica, plantea la posibilidad de delimitar zonas con características de estabilidad natural similar u homogénea a partir de un análisis de las características geológicas y geomorfológicas que permitan una zonificación cualitativa preliminar, la cual es ajustada cuando se integran datos sobre las características geotécnicas de las formaciones superficiales y el cálculo de los factores de seguridad para perfiles longitudinales y transversales. La regionalización de datos geoestadísticos apoyada en los procedimientos de razonamiento lógico y la experiencia del investigador son elementos fundamentales de la metodología propuesta.

4.2 ESTUDIOS DE CARÁCTER GEOMORFOLÓGICO

Bajo esta denominación se agrupan aquellos trabajos que utilizan métodos descriptivos para caracterizar la aptitud de uso del suelo en zonas de ladera. En general, se basa en la elaboración de mapas temáticos que luego son superpuestos para obtener las zonificaciones en términos de susceptibilidad ante determinado fenómeno. En la revisión hecha, durante los últimos quince años sólo se encuentran dos trabajos que son presentados con la pretensión de constituirse en metodología, son ellos: el "Modelo de Zonificación de Aptitud de Uso del Suelo para el Uso Urbano", presentado por el INGEOMINAS en 1990 a raíz de un trabajo realizado sobre la vertiente occidental de Medellín; y la "Metodología para la Zonificación de la Ciudad de Medellín", propuesta presentada por el Convenio PNUD-Municipio de Medellín.

4.2.1 “Modelo de la Zonificación de Aptitud del Suelo para el Uso Urbano” INGEOMINAS 1990.

Como su nombre lo indica se trata de evaluar los factores que determinan las características de estabilidad de un área específica, considerando sus posibilidades y limitaciones para el desarrollo de proyectos urbanísticos. Los supuestos teóricos que soportan el modelo presentado son:

- La comparación entre la dinámica de las vertientes antes de que se iniciarán los procesos de urbanización y su comportamiento una vez se han intervenido urbanísticamente, proporciona información que permite determinar la susceptibilidad natural de los terrenos ante la intervención antrópica.
- En general, los procesos morfodinámicos observados en zonas de ladera pueden ser considerados como expresión de la dinámica natural de las vertientes.
- La superposición de diferentes mapas temáticos permite establecer zonas con comportamiento homogéneo, previo establecimiento de criterios que orientan el cruce de la información, en este aspecto juega un papel fundamental el trabajo de campo.

El procedimiento establecido es el siguiente:

- *Fotointerpretación:* Comparación de fotografías aéreas de diferentes épocas. Se utilizan fotografías que muestran la condiciones preurbanización de los terrenos y fotografías de la misma área urbanizada o afectada por procesos de urbanización. Esto permite elaborar un mapa de procesos geológicos, variación en el tiempo de las condiciones de estabilidad de la ladera.

- Se elabora un mapa de pendientes que permita relacionar geología y procesos morfodinámicos asociados.

- “Se procedió luego en campo a la caracterización de la respuesta del suelo al uso urbano, a los procesos antrópicos y a las condiciones exógenas. Tomando como base la hectárea se realiza un muestreo sistemático, tendiente a determinar y localizar las manifestaciones de deterioro que podrían servir como base para la ejecución del mapa final de aptitud de uso urbano real”.

Este último es considerado como el elemento fundamental para interpretar la dinámica de la vertiente; se estima entonces que el deterioro estructural en viviendas y obras de infraestructura (vías, senderos, red energía, entre otros) refleja las condiciones de estabilidad de la ladera.

- La superposición de los diferentes mapas temáticos elaborados: geológico, formaciones superficiales, procesos morfodinámicos (incluidos aquí tanto naturales como antrópicos) y morfométrico, permite obtener una zonificación

del área de estudio atendiendo a sus características de estabilidad y potencialidad de uso.

Los resultados se expresan utilizando la misma terminología propuesta por Chica (1987), a pesar de que como los autores mismos señalan, en este caso la clasificación utilizada sólo define características cualitativas (no involucra propiedades geomecánicas de los suelos).

Las categorías empleadas son:

- Zonas Tipo A** : *Estables independientes, utilizables:* Para desarrollos urbanos.
- Zonas Tipo B** : *Estables dependientes, utilizables:* A diferencia de lo propuesto por Chica; en este caso sólo se consideran factores internos que pueden afectar la estabilidad.
- Zonas Tipo C** : *Inestables recuperables, utilizables:* La inestabilidad es manifiesta, pero pueden ser aplicados los correctivos específicos de tipo civil (técnico) y cultural (social), para adecuar la zona a desarrollo humanos.
- Zonas Tipo D** : *Inestables no recuperables, de alto riesgo, no utilizables:* Terrenos que han alcanzado un grado de deterioro tan alto que su recuperación es muy costosa o que sus condiciones naturales son de alta amenaza para la población vecina.

- Zonas Tipo E** : *Estables independientes, no utilizables:* Áreas sin problemas de carácter geológico-geomorfológico. Se restringen porque corresponden a áreas públicas (parques, canchas, etc.).
- Zonas Tipo F** : *Estables dependientes, no utilizables:* Corresponden a los retiros obligatorios con respecto al cauce de las quebradas.
- Zonas Tipo G** : *Inestables recuperables, no utilizables:* Corresponden a retiros de quebradas con evidencias de inestabilidad natural o provocada por la intervención antrópica.

Es conveniente señalar que aunque los autores utilizan una terminología similar a la utilizada por los trabajos adelantados bajo la metodología propuesta por Chica, se aprecian diferencias sustanciales en cuanto a los parámetros utilizados y al significado de los términos. Por ejemplo, en Chica los términos denotan la aptitud de uso del suelo considerando básicamente las condiciones de estabilidad natural, en el trabajo presentado por el INGEOMINAS se conjugan condiciones de estabilidad natural y características del uso al momento de la evaluación. Otro aspecto se refiere a que en Chica se conjugan criterios geológicos y geotécnicos, mientras que en el trabajo de INGEOMINAS se consideran ante todo criterios geomorfológicos, particularmente los procesos morfodinámicos.

En síntesis, la metodología propuesta por el INGEOMINAS plantea la posibilidad de realizar una delimitación de áreas con comportamiento homogéneo utilizando una combinación de criterios geológicos y geomorfológicos, siendo el principal el

mapeo de los procesos morfodinámicos durante diferentes períodos de tiempo y la investigación de la respuesta del suelo al uso urbano. La zonificación presentada es de carácter cualitativo e involucra aspectos relacionados con la estabilidad natural y las características del uso dado a los terrenos.

4.2.2 Metodología para la Zonificación de la Ciudad de Medellín - Convenio PNUD-Municipio de Medellín.

Desde el año 1989 la administración municipal convoca a diferentes instancias tanto de carácter público como privado, con el propósito de establecer una metodología para la evaluación de la amenaza en las zonas de ladera de la ciudad. Como resultado de este trabajo, a finales de 1991 se presenta un documento proponiendo una metodología que utiliza criterios geomorfológicos para la definición de áreas con diferentes grados de susceptibilidad frente a la ocurrencia de movimientos en masa.

Los supuestos teóricos que soportan la propuesta son:

- Utilizando criterios geomorfológicos es posible conocer las características morfodinámicas de una vertiente, particularmente su susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa. De acuerdo con los diferentes grados de susceptibilidad se pueden delimitar áreas y proponer medidas correctivas que disminuyan los niveles de riesgo para la población.

- La interrelación de mapas de susceptibilidad con mapas de eventos ocurridos recientemente (escala humana) permitiría obtener mapas preliminares de los diferentes grados de amenaza por movimientos en masa.
- Se utiliza como unidad de análisis la microcuenca por considerar que ésta se comporta de un modo independiente con respecto a su entorno.
- Se considera que los eventos ocurridos durante un período de aproximadamente doce (12) años pueden ser utilizados como un indicativo de los fenómenos de inestabilidad que afectan una ladera. Como tal se definen las variables de ocurrencia y recurrencia fundamentales para definir los niveles de amenaza.
- La superposición de diferentes mapas temáticos, previa definición de los criterios de análisis permite obtener los mapas de susceptibilidad.
- Como herramienta que facilita el procesamiento de la información se introdujeron los SIG (Sistemas de Información Geográfica), su utilización requería de programación, esto implicó la realización de talleres donde se identificaban las variables a utilizar en la evaluación y se establecía una valoración relativa para cada variable, así como su peso (ponderación) con respecto al conjunto de variables.

El procedimiento utilizado es el siguiente:

◊ Se definen los factores y variables. Los factores que intervienen en el análisis deben cumplir las siguientes condiciones:

°Ser cartografiables en forma de zonas homogéneas o cargas puntuales.

°Ser deducibles directamente a partir de información existente o mediante técnicas rápidas.

°Admitir una definición sencilla.

Después del análisis se definen los factores a considerar y a cada uno de ellos se le asignan unas variables que se supone pueden ser fácilmente relacionadas con las características de estabilidad. Los factores considerados son:

°Unidades geomorfológicas: cada tipo de unidad posee una valoración con respecto a sus características de estabilidad

°Procesos erosivos:

°Usos del suelo: ciertos usos del suelo pueden contribuir a disminuir la amenaza o contrarrestar efectos de otros factores. Mide directamente la intervención antrópica. Por ejemplo, se considera que los asentamientos subnormales contribuyen a la amenaza por movimientos en masa.

°Isoyetas: distribución de la precipitación.

°Formaciones geológicas superficiales:

°Morfometría: se establecen unos rangos y se considera que un aumento en el valor de la pendiente implica una disminución de las condiciones de estabilidad.

- ◇ Se procede a evaluar los factores de acuerdo a una ponderación que es establecida en los talleres donde participa personal calificado. Según los autores, los resultados obtenidos indican la susceptibilidad natural de las laderas a presentar problemas de inestabilidad.
- ◇ Una vez definidos los mapas de susceptibilidad, se establece una correlación con el mapa de eventos observados (definido un período de 12 años) en el cual se tiene información sobre ocurrencia y recurrencia de movimientos en masa. El resultado es un mapa preliminar de los diferentes grados de amenaza.
- ◇ Toda la información es procesada con ayuda del SIG.
- ◇ Los mapas obtenidos son luego ajustados con recorridos de campo que permiten validar los supuestos realizados.

Los resultados son expresados utilizando una terminología que define susceptibilidad baja, media o alta a la ocurrencia de deslizamientos; el nivel de amenaza se califica de igual modo. El mapa final delimita la zona

considerando su aptitud para el uso urbano, obtenida a través del procedimiento descrito.

En síntesis, la metodología desarrollada por el Convenio PNUD-Municipio de Medellín, pretende mediante la superposición de mapas temáticos, utilizando un conjunto de valoraciones cualitativas de los factores y variables que definen la estabilidad de una zona, obtener mapas de susceptibilidad natural a la ocurrencia de movimientos de masa. Esta información es cruzada con los mapas de ocurrencia y recurrencia de eventos para obtener una zonificación de la amenaza y, a partir de allí, indicar la aptitud de uso del suelo para desarrollar proyectos urbanísticos.

El proceso es agilizado con la ayuda de un SIG, una vez obtenidos los resultados se procede a hacer la validación en campo.

Es conveniente señalar que todo proceso de definición de las variables es realizado por un conjunto de profesionales que teniendo en cuenta su experiencia entran a plantear los pesos y las ponderaciones de cada variable. El Sistema de Información Geográfico es alimentado con todos los datos generados por el equipo humano, la función del SIG es procesarla de una manera rápida y posibilitar modificaciones en las valoraciones y pesos relativos de una forma ágil.

CUADRO 3. MODELOS DE ZONIFICACIONES

<p>MODELO CARACTE- RÍSTICAS</p>	<p>ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA- GEOTÉCNICA (Alejandro Chica)</p>	<p>ZONIFICACIÓN DE APTITUD DEL SUELO PARA EL USO URBANO (INGEOMINAS 1990)</p>	<p>ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR MOVIMIENTOS DE MASA (PNUD 1991)</p>
<p>Supuestos teóricos</p>	<p>-Regionalización geostatística de datos de campo y laboratorio. -Definición de la unidad geomecánica independiente Combinación de datos geológicos con datos geotécnicos, permite obtener una delimitación de zonas con condiciones de estabilidad homogéneas.</p>	<p>*La comparación entre la dinámica de las vertientes antes de que se iniciaran los procesos de urbanización y su comportamiento una vez se han intervenido, permiten determinar la aptitud del suelo para el uso urbano. *La respuesta del suelo al uso urbano puede ser obtenida realizando un muestreo que determine y localice las manifestaciones de deterioro en viviendas y obras de infraestructura, en conjunto éstas expresan las condiciones de estabilidad natural del terreno.</p>	<p>~Utilizando criterios geomorfológicos es posible conocer las características morfodinámicas de una vertiente. De acuerdo con ello se podrían delimitar áreas con diferente nivel de susceptibilidad ante la ocurrencia de movimientos de masa. ~Los movimientos de masa ocurren dada cierta combinación de factores geomorfológicos, los cuales pueden ser conocidos ~Un mapeo de la recurrencia de eventos combinados con un mapa de susceptibilidad obtenido en el análisis teórico, permite obtener un mapa preliminar de amenazas por deslizamiento de masa, amenaza natural. ~Los eventos ocurridos en la ciudad durante un período de 12 años pueden considerarse indicadores de la dinámica natural de las vertientes.</p>
<p>Variables</p>	<p>-Geológicas: -Formaciones superficiales -Estructuras -Geomorfológicas -Pendientes -Procesos -Hidrología, hidrogeología -Geotécnicas: -Nivel freático -Límites Atterberg -Factores de seguridad</p>	<p>*Geología: -Formaciones superficiales -Estructuras *Geomorfología -Pendientes -Procesos antiguos y actuales *Muestreo evidencias de deterioro estructural. Obras de infraestructura y viviendas.</p>	<p>~Geología: -Formaciones superficiales ~Geomorfología -Pendientes -Procesos erosivos -Unidad geomorfológica -Usos del suelo ~Isopleyas ~Ocurrencia y recurrencia de eventos.</p>
<p>Procedimiento</p>	<p>La zonificación preliminar obtenida en campo es ajustada considerando el cálculo del factor de seguridad en taludes naturales</p>	<p>La superposición de mapas temáticos y la comparación con el mapeo de deterioro estructural permite delimitar zonas homogéneas</p>	<p>La superposición de los planos temáticos considerando las ponderaciones relativas y su posterior comparación con el mapa de ocurrencia y recurrencia de eventos, permiten obtener mapas de amenaza natural por desprendimientos de masa</p>
<p>Resultados</p>	<p>Zonificación de condiciones de estabilidad natural de las vertientes y su aptitud de uso. Se conocen magnitud y localización, deslizamientos posibles o probables. Zonificación semicuantitativa.</p>	<p>Zonificación de la aptitud del suelo para uso urbano de carácter cualitativo. Delimitación grados de estabilidad cualitativa</p>	<p>Delimitación de los diferentes grados de amenaza por movimientos de masa. Zonificación cualitativa</p>

5. EL CONCEPTO DE AMENAZA Y RIESGO EN EL DESARROLLO URBANO DE MEDELLÍN

En este capítulo se hará un seguimiento en el tiempo a la forma en que se han ido introduciendo los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en los planteamientos sobre el desarrollo urbano de la ciudad, tratando de relacionar estos elementos, con la discusión iniciada en los capítulos anteriores, en torno a la manera como se ha concebido y evaluado el riesgo físico en el Valle de Aburrá.

Para cumplir el propósito de este capítulo, se indagó sobre los elementos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, inmersos en la normatividad y los planes de desarrollo que se han producido en la ciudad, los cuales se han convertido en instrumentos para la toma de decisiones, en torno al desarrollo físico de ésta.

5.1 NORMATIVIDAD

En el Cuadro 1-1 (Anexo 1), puede observarse la normatividad más importante producida en los últimos 26 años en la ciudad, sobre el tema de la prevención y la atención de desastres.

La década del setenta es pobre en la reglamentación sobre el tema de los riesgos físicos a que está sometida la ciudad, por lo general se acogen normas del orden nacional como el Decreto-Ley 2068 de 1974 que organiza la Defensa Civil en torno a la atención de los desastres; la Ley 2811 de 1974 que establece el Código Colombiano de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente; la Ley 61 de 1978 o "Ley Orgánica del Desarrollo Urbano" que plantea la necesidad de orientar un desarrollo de las áreas urbanas dentro de un equilibrio regional y de conservación ecológica, estipulando que los Municipios deben hacer un plan de desarrollo, finalmente la Ley 09 o "Código Sanitario Nacional" el cual contiene una reglamentación sobre contaminación atmosférica, usos del agua, residuos líquidos, sólidos y sustancias orgánicas.

A nivel del Municipio de Medellín, en este decenio, se dan los primeros pasos para organizar un sistema de atención de emergencias y desastres, apareciendo el Acuerdo 21 de 1975 que crea el Centro Habitacional para Calamidades Públicas y la Resolución 017 de 1979 que integra a la Defensa Civil en el Comité Local de Emergencias. Es importante anotar que si bien estas normas están relacionadas con otras del orden nacional, también fueron motivadas por emergencias como la de Santo Domingo Savio en 1974, la cual dio la voz de alerta sobre lo que podía pasar en la ciudad. Por su parte, el Acuerdo 4 de 1975 crea a CORVIDE asignándole como función prioritaria la solución de la problemática de la vivienda popular.

En síntesis se puede afirmar que si bien el desastre de Santo Domingo en 1974, le mostró a las instituciones la necesidad de emprender estudios y análisis de amenazas, vulnerabilidades y riesgos en la ciudad, esto no se ve reflejado en la normatividad aparecida en esta década. Sólo se observa una concepción asistencialista y coyuntural para atender la emergencia, sin consideraciones en torno a la prevención. Tampoco en el ámbito académico e institucional, como se muestra en los capítulos anteriores, se había iniciado una discusión sobre los “riesgos geológicos” de la ciudad, sólo algunos autores empezaban a hablar sobre la importancia de la geología ambiental para el país.

En la década de los ochenta se observan varios elementos importantes, en torno a la concepción que se tiene en la administración municipal, con respecto a la amenaza y al riesgo en la ciudad. Desde mediados de la década empiezan a aparecer una serie de decretos (15 y 450 de 1985, 401 de 1988, 249 de 1989) que declaran algunos asentamientos de la ciudad como de alto riesgo y ordenan su desalojo. En primer lugar, cada uno de estos decretos no están rigurosamente sustentados con estudios detallados y un seguimiento que permitiera recoger datos para llegar a la redacción de los mismos. En ellos predomina la concepción de que el problema radica en el mal uso que los pobladores hacen del territorio, a través de prácticas como: cortes del terreno, disposición de aguas servidas sin control y construcción de vivienda en material pesado, entre otros, pero la redacción de los decretos es contradictoria con la concepción de la amenaza cuando se afirma: “[...] Por el cual se declara zonas de alto riesgo potencial de

desastres naturales", ya que el término "desastres naturales" involucra la concepción de inestabilidad natural de los terrenos. La falta de claridad conceptual sobre el tema de las amenazas y los riesgos también se refleja en los intentos de zonificación que se dan, por ejemplo el del Decreto 450 de 1985 que ante una amenaza por caída de rocas en el cerro El Picacho, zonifica el riesgo en las siguientes categorías: zona de peligro inminente, zona de emergencia y zona de riesgo potencial.

La concepción de la amenaza en las laderas de la ciudad, como un problema de manejo inadecuado del territorio, se ve materializado en los Decretos 857 de 1985 y 244 de 1989, el primero de los cuales crea el Programa de Rehabilitación de Barrios Subnormales y el segundo crea el Comité Asesor de Vivienda Popular, para asesorar a la municipalidad sobre las políticas, estrategias y programas a implementar en los asentamientos no planificados. Estos dos organismos trabajarán para reducir la amenaza antrópica sobre las laderas; los anteriores decretos son antecedidos por el Acuerdo 38 de 1981 el cual crea el "Cordón Verde en Medellín, para controlar la expansión urbana".

Sin embargo, en la normatividad aparecida en esta década también se visualiza una concepción sobre la doble naturaleza de la amenaza: amenaza por inestabilidad natural de los terrenos y por intervención inadecuada del entorno físico. Lo anterior se refleja en el Acuerdo 135 de 1987, que pretende crear un instituto para la defensa de las laderas de Medellín, con el fin de "poder manejar

en forma ordenada los problemas geológicos, geotécnicos y de orden social de las laderas....". Por su parte el Decreto 244 de 1989 al crear el comité asesor de Vivienda Popular, le asigna como una de sus funciones: "proponer mecanismos a la administración municipal para prevenir asentamientos, en las zonas de alto riesgo potencial de desastres naturales".

En esta década también aparece una importante legislación que hace énfasis en la etapa de atención de la emergencia. El Decreto 346 de 1984 crea la Oficina de Atención de Desastres del sector salud, el Acuerdo 3 crea el Fondo de Prevención de la Calamidad Pública en zonas o barrios subnormales, el Decreto 377 de 1986 crea el Comité Operativo Metropolitano de Emergencias -COMEM- mientras que la Resolución 326 de 1987 le fija las subcomisiones, finalmente el Decreto 520 de 1986 crea los albergues para alojamiento en caso de emergencia.

Finalmente, en el año de 1988 se suscribe el Convenio COL88/010 entre Naciones Unidas y el Municipio de Medellín para "El Manejo Integral de Actividades de Prevención y Atención de Emergencias en el Valle de Aburrá" (Cuadro 1-2, Anexo 1), donde se tiene como objetivo, la elaboración de una propuesta metodológica para la realización del "Plan Integral de Prevención y Atención de Desastres en la ciudad de Medellín" teniendo como zona piloto la microcuenca de la quebrada La Rosa. Este proyecto introduce una nueva dinámica a la discusión en torno a los riesgos actuales y potenciales de la ciudad de Medellín, tratando de iniciar una discusión interinstitucional para la

construcción de una metodología para evaluar la amenaza por movimientos en masa e inundación, así como la valoración de la vulnerabilidad y el riesgo. Este proceso que se inicia a finales de la década del ochenta, tendrá importantes repercusiones en la década del noventa, en la incorporación de la prevención en los planes de desarrollo del Municipio, como se comentará más adelante.

En el decenio de los años noventa se le da continuidad al Convenio Naciones Unidas-Municipio de Medellín y al terminar el Convenio COL88/010 se firma el COL94/012. El convenio asesora a la administración municipal, en el proceso de incorporar la prevención en los planes de desarrollo, elaborándose una propuesta metodológica para evaluar la amenaza por movimientos de masa e inundación, la vulnerabilidad y el riesgo, utilizando el Sistema de Información Geográfica para la integración de la información, con ajustes de campo. El concepto de amenaza que se concibe es la inestabilidad de las vertientes causada por “el desequilibrio natural infringido por el hombre”³¹, pero más adelante se afirma “dentro de los objetivos a desarrollar por el proyecto COL88/010 en cuanto a la evaluación del riesgo por fenómenos naturales, está el de determinar la amenaza por movimientos de masa e inundaciones”³², lo que es contradictorio al referirse a fenómenos naturales cuando las causas son antrópicas.

³¹ CONSEJERÍA PRESIDENCIAL PARA MEDELLÍN Y SU ÁREA METROPOLITANA. Programa Integral de Mejoramiento de Barrios Subnormales en Medellín. Estudio de Factibilidad Medellín, 1993. p. 284.

³² *Ibid.*, p. 284.

El Acuerdo 38 de 1990 expide el Estatuto Municipal de Planeación, Usos del Suelo, Urbanismo y Construcción de Medellín, donde se restringe los asentamientos humanos en "aquellas zonas inundables o geológicamente inestables" haciendo alusión a problemas de inestabilidad originada por las características de los terrenos.

Por su parte, se expiden los Decretos 134 de 1991 y 294 de 1992 que declaran zonas de alto riesgo geológico, siendo contradictoria esta declaración con las causas identificadas de la amenaza donde se afirma que son problemas de mal manejo de entorno físico por parte de los habitantes. Es importante anotar, que dentro de esta lista de barrios a reubicar se encuentra el 13 de Noviembre, que posteriormente es objeto de reordenamiento por parte de la Administración Municipal.

El Decreto 021 de 1993 crea el Programa Integral de Mejoramiento de Barrios Subnormales en Medellín -PRIMED- (Cuadro 1-3, Anexo 1), proceso que es asesorado por el Convenio COL88/010. Uno de los componentes de la intervención del PRIMED es la mitigación del riesgo geológico, el cual desde el diagnóstico parte de la concepción de que la inestabilidad de las vertientes donde están asentados los barrios subnormales de la ciudad se debe a las condiciones de los terrenos, en un contexto de evolución del Valle de Aburrá, lo anterior se expresa de la siguiente manera: "El Vallé de Aburrá es bastante joven, por lo cual

no se ha estabilizado”³³ y más adelante se afirma ‘teniendo en cuenta estas diferencias, que indica distintos grados de descomposición física y química de las rocas y que el Valle de Aburrá está afectado por fallas geológicas de dirección Norte-Sur, la inestabilidad de los terrenos se agudiza por la intervención inapropiada de los suelos....”³⁴.

El Acuerdo 45 de 1993 adopta la parte estratégica del Plan General de Desarrollo para Medellín, donde se incorpora el componente de prevención de desastres y se manifiesta la necesidad de “una delimitación precisa de las zonas de riesgo geológico [...], identificando y evaluando el riesgo en función de los grados de amenaza y los niveles de vulnerabilidad”.

El Acuerdo 14 de 1994 estructura el Sistema Municipal de Prevención, Atención y Recuperación de Desastres -SIMPAD-, como una manera institucionalizada y permanente de actuación de la administración municipal, ante las comunidades afectadas o que están en riesgo de serlo. En la formulación del SIMPAD y dentro de los principios básicos que lo orientarán, se ve la necesidad de un conocimiento más detallado y profundo de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos en la ciudad, lo que coincide con el Acuerdo 19 de 1995, por medio del cual se adopta el “Plan de Desarrollo de Medellín, 1995-1997” y donde se contemplan objetivos, estrategias y programas orientados a la prevención y a un mejor conocimiento de

³³ *Ibíd.*, p. 26.

³⁴ *Ibíd.*, p. 56.

las amenazas, vulnerabilidades y riesgos de la ciudad. En el próximo numeral se comentará con más detalle la noción de amenaza inmersa en los Acuerdos 14 de 1994 y 19 de 1995).

La falta de claridad en la concepción del riesgo y la ambigüedad entre el llamado “riesgo geológico” y las causas que lo originan, observada en la normatividad producida por la administración municipal, durante las década de los ochenta y noventa, para enfrentar los problemas de inestabilidad observados en las vertientes del valle, son el reflejo de los niveles de discusión en el ámbito académico de la ciudad con respecto al llamado “riesgo geológico” del Valle de Aburrá, que desde los inicios de la década del ochenta venían planteándose en eventos como “las Conferencias sobre los Riesgos Geológicos en el Valle de Aburrá”.

5.2 PLANES DE DESARROLLO MUNICIPAL

En este numeral se hará un seguimiento de como se ha ido incorporando el concepto de la amenaza y el riesgo, en los planes de desarrollo municipal, formulados desde la década de los ochenta hasta nuestros días.

En el informe preliminar del “Plan de Desarrollo Urbano de Medellín” publicado en 1980, se identifican como las causas principales de inestabilidad en las vertientes

del valle a problemas geológicos y a la topografía, proponiendo una aptitud de uso del suelo, de acuerdo a rangos de pendiente.

El Plan de Desarrollo Metropolitano del Valle de Aburrá “para la consolidación de la metrópoli 1985” (Cuadro 1-4, Anexo 1) contiene pocos elementos referentes a la amenaza, en las zonas de ladera de la ciudad. En las políticas ya se menciona la necesidad de prevenir problemas futuros de inestabilidad, por la conformación geológica de los terrenos cuando se dice: “Diseño de programas de lotes con servicios en las zonas aptas para ello y complementariamente de vivienda masiva, cuando la conformación geológica de los terrenos lo permite...” En este caso se concibe la amenaza originada por causas naturales de los terrenos. Sin embargo, más adelante se anota refiriéndose a los nuevos desarrollos de vivienda “los nuevos desarrollos de vivienda y los procesos de rehabilitación de la estructura urbana tanto privada como pública, se harán de acuerdo con criterios de habitabilidad, que propicien un adecuado balance entre las densidades de población, la ocupación del suelo y la eficiencia”, sin mencionar como criterio las limitaciones de los terrenos.

Finalmente, dentro de los programas este plan de desarrollo ve la necesidad de iniciar procesos de rehabilitación urbana a partir de la evaluación y promoción de experiencias similares, al programa de rehabilitación urbana del basurero de Moravia, en una alusión a que el problema de las laderas es del manejo inadecuado del entorno físico, sin embargo, el mencionado plan de desarrollo

también plantea la necesidad de reubicar población de las comunas Nororiental y Robledo, con una concepción de que el problema de la amenaza es de las características geológicas inapropiadas de los terrenos para vivienda. En términos generales, este Plan de Desarrollo es pobre en la incorporación de los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en la planeación de la ciudad.

En el Plan de Desarrollo de Medellín 1986 (Cuadro 1-5, Anexo 1), en los objetivos se incorpora el Decreto 15 de 1985, el cual ordena el desalojo de varias zonas declaradas como de alto riesgo geológico, en una consideración ambigua donde se define el alto riesgo geológico, originado por causas antrópicas: mal manejo del entorno físico.

Por su parte en los objetivos 4 y 6 del mencionado cuadro, se presenta una concepción de la amenaza donde la inestabilidad de las vertientes es generada por procesos antrópicos y, por lo tanto, se hace necesario incidir sobre el manejo que los habitantes dan al territorio. En el objetivo 5 se observa una concepción de zonas potencialmente inestables. Las estrategias y las metas de este plan, de acuerdo con los objetivos propuestos son muy pobres y están encaminadas a la rehabilitación de algunos sectores considerados de alto riesgo.

Las políticas 1 y 4 de este plan, vislumbran el concepto de que existen áreas, donde la amenaza de inestabilidad es originada por las características naturales de los terrenos y, por lo tanto, se deben desalojar. Mientras que la 3 deja abierta

la posibilidad de que el problema de la inestabilidad se origina a partir del mal manejo que se hace del territorio y además se debe propiciar la rehabilitación y mejoramiento de la condición de tales asentamientos. Los programas esbozados en el plan no dan cuenta de la totalidad de los objetivos propuestos y están orientados básicamente al mejoramiento y rehabilitación de sectores subnormales, faltando aspectos como el de las reubicaciones, capacitación, estudios específicos, etc.; además, las metas son muy pobres.

Finalmente, dentro de los comentarios (Cuadro 1-5, Anexo 1) extraídos textualmente del Plan de Desarrollo de 1986, prevalece la doble concepción con respecto a la amenaza de inestabilidad de las vertientes del Valle del Aburrá, que se ha venido comentando en los numerales anteriores:

- La inestabilidad originada por características naturales de los terrenos, se observa en los comentarios 1 y en parte del 2 y 3.
- La inestabilidad originada por mal manejo del entorno físico, se expresa claramente en los comentarios 4 y 5.

En síntesis, a través de los objetivos, estrategias, metas, políticas y programas, se observa en el Plan de Desarrollo de Medellín (1986) la dualidad del concepto del origen de la amenaza en las laderas del Valle del Aburrá: origen antrópico y natural; además, no se tiene claro el concepto de riesgo, ya que en el texto se

habla de riesgo referido exclusivamente al fenómeno que puede afectar un asentamiento y no al proceso de evaluar simultáneamente la amenaza y la vulnerabilidad, dentro de la concepción actual de los términos.

El Plan de Desarrollo de Medellín 1990 (Cuadro 1-6, Anexo 1), plantea el manejo integral de los asentamientos subnormales, bajo la óptica de que algunos problemas de inestabilidad se deben al mal manejo del territorio, mientras que otros se originan en las condiciones naturales del terreno, viéndose la necesidad de abordarlos de una forma diferente, pero involucrados dentro de una integralidad en la intervención. En este plan se habla de la necesidad de implementar tecnologías apropiadas, acordes con las limitaciones del terreno. En términos generales, es un documento pobre en la formulación de objetivos, estrategias, metas, políticas y programas en torno al problema del riesgo físico, en las zonas de ladera de la ciudad y como en los anteriores planes, el concepto de riesgo se refiere al fenómeno que puede afectar los asentamientos. El documento no habla de la necesidad de estudios específicos, para profundizar en las causas de la inestabilidad de algunos sectores de la ciudad.

La parte estratégica del Plan General de Desarrollo para Medellín, aprobado mediante el Acuerdo 45 de 1993 en sus estrategias 3, 4 y 6, y los objetivos 8, 9, 10, 14, 15, 17, 19 según el Cuadro 1-7 (Anexo 1), contiene los elementos básicos a nivel de formulación, para iniciar el proceso de incorporar la prevención en la planificación de la ciudad, como un proceso interinstitucional y de participación de

la comunidad. En lo referente a la concepción sobre la amenaza inserta en este plan, los objetivos 3 y 5 son claros en cuanto a que existen problemas de inestabilidad en las laderas originadas por las características de los terrenos y a los cuales se les debe dar un tratamiento diferente, de aquellos originados por el mal uso que los pobladores hacen del entorno físico. Lo anterior se refuerza en los objetivos 1, 2 y 18 que propenden por un tratamiento integral de las zonas consideradas de alto riesgo.

En el objetivo 12 se expresa claramente que el concepto de riesgo adecuado para incorporar a la planeación de la ciudad en la toma de decisiones, debe ser el resultado de la evaluación simultánea y con una metodología apropiada, de la amenaza y la vulnerabilidad. Estas nociones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo corresponden en su definición operativa a las mismas presentadas en el Capítulo 2 de este trabajo.

En síntesis, las estrategias y objetivos del Plan General de Desarrollo para Medellín aprobadas en el Acuerdo 45 de 1993, son el primer intento de formulación estructurado, para iniciar el camino de incorporar la prevención en el desarrollo de la ciudad, se concibe el problema de inestabilidad de algunos sectores de las vertientes desde la doble perspectiva: factores naturales y/o antrópicos, de ahí la necesidad de intervenciones integrales, sustentadas en evaluaciones del riesgo en función de la amenaza y la vulnerabilidad.

En el Acuerdo Municipal 19 de 1995 por medio del cual se adopta el Plan de Desarrollo de Medellín (1995-1997) (Cuadro 1-8, Anexo 1) y en el Plan Municipal para la Prevención y Atención de Desastres (1995-1997) (Cuadro 1-9, Anexo 1) formulado recientemente por el SIMPAD, se observa la preocupación por emprender acciones concretas para incorporar la prevención en la planeación y el desarrollo de la ciudad. Se tienen objetivos entorno a conocer y evaluar las amenazas, las vulnerabilidades y los riesgos con metodologías y modelos apropiados, apoyados en sistemas de información confiables y comprobaciones de campo; lo que les permite ser instrumentos adecuados para la toma de decisiones. Proyectos como aplicación y validación de la metodología sobre la evaluación de la amenaza y la vulnerabilidad en la cuenca de la quebrada La Rosa, el Programa de Instrumentación y Microzonificación Sísmica del Área Urbana de Medellín, el Desarrollo del Sistema de Información Geográfica para la Prevención y Atención de Desastres -SIGPAD- y el Plan de Acción Forestal se encuentran en ejecución actualmente, hacen parte de este plan.

En síntesis, la incorporación del concepto de riesgo en los Planes de Desarrollo de la ciudad, ha seguido líneas y senderos similares a la normatividad y a la discusión académica oficial, en torno al riesgo geológico en el Valle de Aburrá, donde ha prevalecido una noción ambigua y contradictoria no suficientemente sustentada, lo que se refleja en la pobreza en la propuesta de objetivos, estrategias, políticas y programas de dichos planes. Sólo a partir del Acuerdo 45 de 1993 y, posteriormente, con el Acuerdo 19 de 1995 se concibe una visión más

integral sobre el problema del riesgo físico en la ciudad, viéndose la necesidad de emprender estudios para conocer y evaluar mejor las amenazas, vulnerabilidades y riesgos de la ciudad, como una condición necesaria en la toma de decisiones.