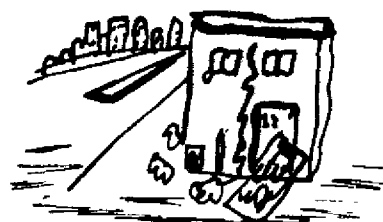


Daños serios en presas, diques y terraplenes. Deslizamientos grandes de tierra. El agua se arroja contra los bordes de los canales y márgenes de ríos y lagos, etc. La arena y lodo se desplazan horizontalmente en las playas y tierras planas. Los rieles se doblan lentamente.



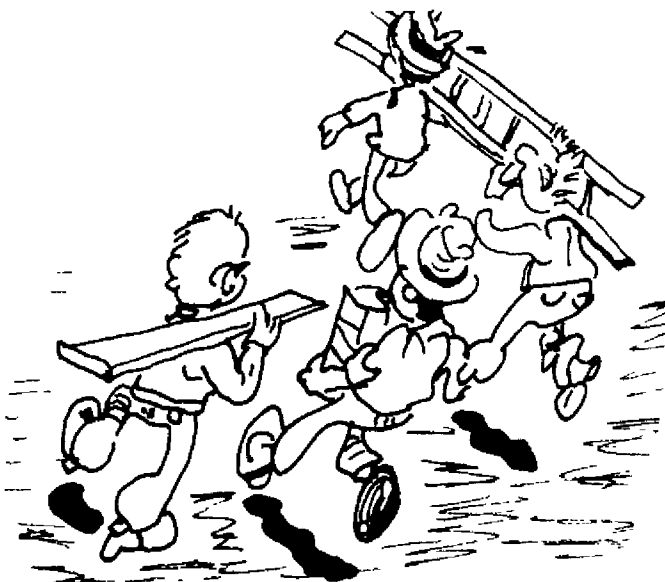
XI Los rieles se doblan mucho. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio por completo.

XII. Daños prácticamente fatales. Se desplazan masas enormes de rocas. Se distorsiona las líneas de niveles y de perspectiva. Objetos arrojados al aire.



4.7. Clases de Ondas

Los sismólogos distinguen tres clases inducidas por los movimientos de la tierra; dos de éstas viajan a través de la tierra y la tercera se desplaza en la superficie. Las tres se pueden diferenciar en los sismogramas que se obtienen con los sismógrafos y por medio de cálculos apropiados, se puede determinar el origen o epicentro de las ondas. Con frecuencia las zonas afectadas por las ondas sísmicas es extensa; en el caso del terremoto de 1897 en Assan, India, se estimó que se afectó casi un área de 4.55 millones de kms².



Finalmente se anota, que las obras de ingeniería civil, en las áreas sísmicas, las estructuras se deben cimentar siempre que sea posible sobre roca sólida. Los materiales no consolidados, sujetos a la acción de las vibraciones transmitidas, se fracturarán y desplazarán con mucha mayor facilidad que la roca sólida. En las zonas urbanas las sacudidas de un terremoto pueden fracturar los conductos de agua; los sistemas de distribución de agua se deben diseñar y construir con cuidado especial en las zonas sísmicas.

Durante la década de 1970 se dio gran atención en los medios geotécnicos a los problemas que causa la **licuefacción** de los suelos de granos finos como resultado de las sacudidas sísmicas; esta licuefacción es la causante de los deslizamientos.

4.8. INUNDACIONES



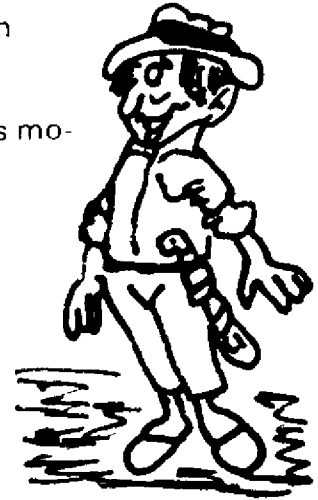
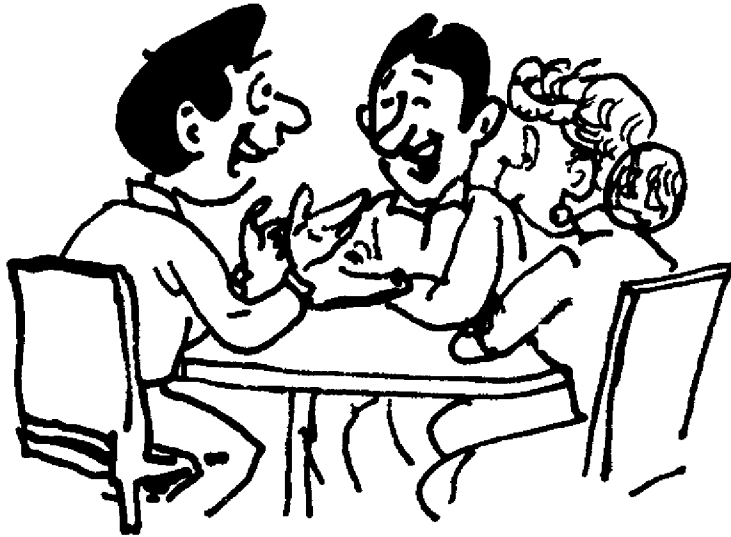
De todas las catástrofes naturales que puede afligir a la humanidad, en algunas formas las más angustiosas son las inundaciones. Las descargas violentas de los lagos glaciales, pueden precipitar cascajos y agua, sobre las áreas planas en las que terminan por descargarse. Los ríos y corrientes en terrenos más normales pueden ser igualmente destructivos si sus cuencas les permiten cargas grandes de cascajos, o grandes masas de lodo; si suceden a campo abierto pueden hacer poco daño, pero si encuentra en su trayectoria cualquier obstrucción puede surgir verdaderos problemas. Si fluyen hasta las zonas urbanas desarrolladas, pueden ser considerables los daños que originan.



Las corrientes de lodo se encuentran en terrenos de colinas o montañosos pues naturalmente, es necesario una fuente conveniente de roca fragmentada o de suelo para que se produzcan.

Otras de las causas de inundación, es la pérdida de precipitación por infiltración a los estratos o capas permeables subterráneas; la consideración de esta posibilidad conduce, inevitablemente, a un estudio general del agua del subsuelo. Parte de la lluvia caerá en

material permeable y se filtrará bajo la superficie del terreno, en donde se unirá finalmente a esa gran cantidad de agua que permanece contenida en los intersticios que existen en los estratos del subsuelo tomando parte de los lentos pero constantes movimientos del contenido de esta reserva subterránea.



Las terrazas aluviales, próximas al cauce principal y las llanuras de inundación (área cubierta por el desbordamiento del río o afluente y retiro de las mismas) deben considerarse siempre como áreas vulnerables.

4.9 DESLIZAMIENTOS

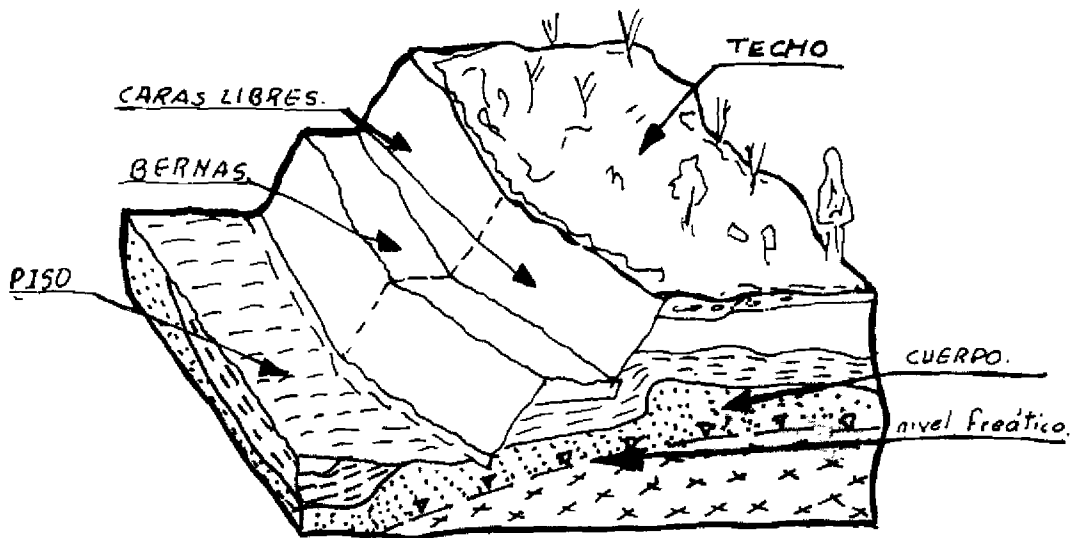


Se comprende bajo el nombre genérico de taludes cualesquiera superficies inclinadas respecto a la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra, bien sea en forma natural o como consecuencia de la intervención humana; los taludes se clasifican como:

- Naturales → Laderas
- Artificiales → Cortes y Terraplenes.

Se llama deslizamiento al movimiento relativamente rápido de una masa de roca, suelo residual o sedimentos en una pendiente, en la cual el material se desplaza hacia abajo.

4.9.1. Terminología y partes de un talud.



Partes de un talud. (Chica 1989)

Partes de un talud

Las partes de un talud son los siguientes:

Techo: Parte superior (puede hacer parte de la morfología original de la ladera, con sus características locales).

Piso (pié, pata, base). Parte inferior de un talud (puede hacer parte de la morfología original de la ladera o corresponder a una explanación - vía, plazoleta, etc. - como parte del corte de terreno según un diseño programado).

Cara libre. (Una o varias). Área o superficie inclinada del talud (superficie libre del mismo). Se puede aceptar como "una" cara libre, cada superficie inclinada que se pueda identificar con rumbo, buzamiento, altura y longitud independientemente.

Cuerpo ..Masa rocosa que constituye, litológicamente, el talud. En su interior se pueden presentar más de un tipo de suelo y/o roca, discontinuidades estructurales, agua con nivel freático asociado o con saturación total del cuerpo del talud, entre otros.

Bermas. Niveles o cortes horizontales o sub-horizontales que fraccionan las caras libres, disminuyendo sus buzamientos totales al aumentar sus proyecciones horizontales o área expuesta. Las bermas pueden o no existir en los taludes y son, casi exclusivamente, parte de diseños de obras civiles, en caso de existir naturalmente, podría ser por erosión y exposición parcial de un control estructural horizontal o sub-horizantal más resistente.

sin tener en cuenta, la caída aislada de bloques, existen básicamente cuatro tipos de fallas en los taludes.⁸ Cada tipo de falla o desplazamiento como expresión general muy conocida, se asocia a una determinada litología⁹ y a la presencia o no de discontinuidades estructurales.

7 Tomado de: Chica S. A. Apuntes de Geotecnia (1989).

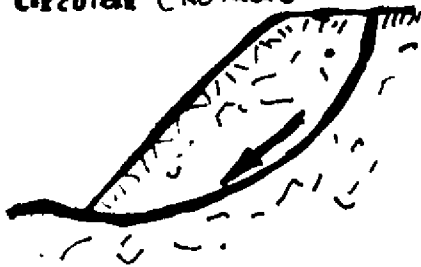
8 Chica A. apuntes de Geotecnia 1989.

9 Variedad (Carácter) de las rocas que se basa en las observaciones megascópicas sobre muestras de mano.

4.9.2. Clasificación de Deslizamientos.

TIPO Y ESTADO DE LA ROCA QUE LO CONFORMA.

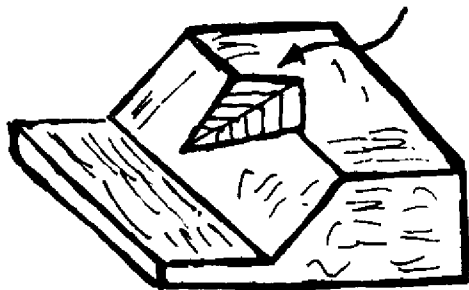
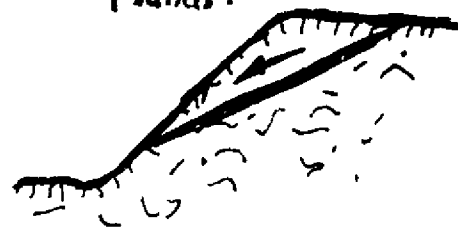
circular (Rotacional).



Suelos, rocas meteorizadas, rocas frescas intensamente fracturadas, rocas sedimentarias o metamórficas cuando un solo estrato (capa) blando conforma el talud

Rocas sedimentarias y metamórficas cuando la estratificación o foliación buza críticamente en el mismo sentido de la pendiente del talud. En todas las rocas masivas, cuando existe una discontinuidad estructural crítica.

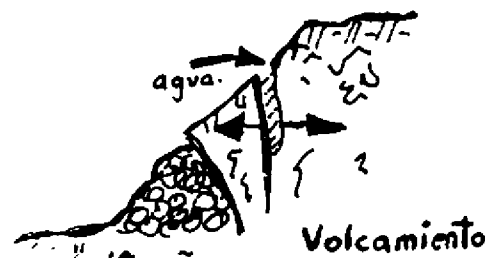
Planar.



Diedrico

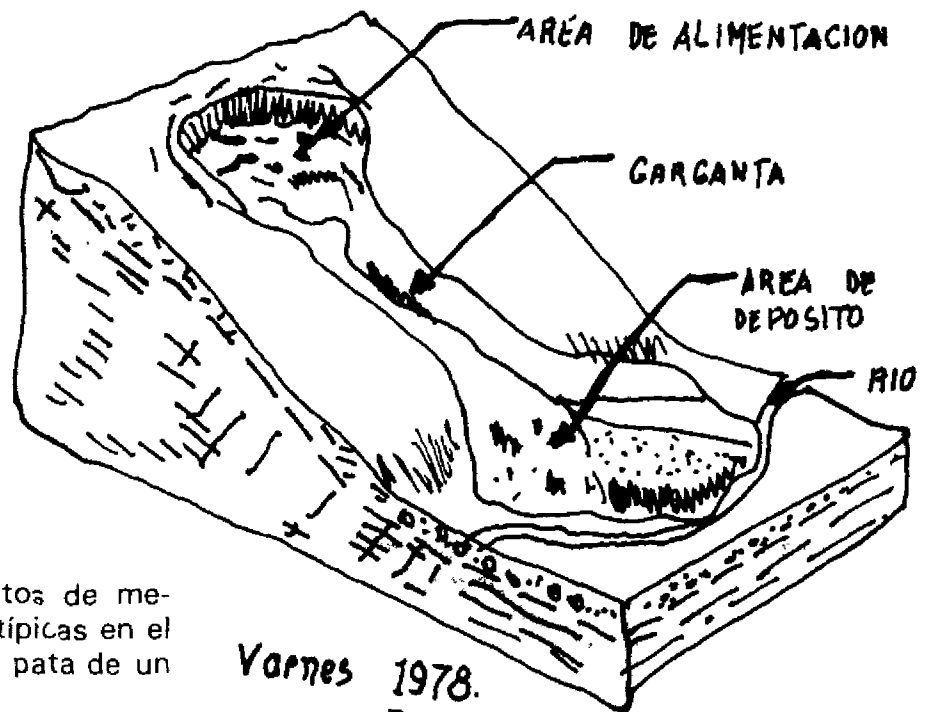
En cualquier tipo de roca dura, cuando la intersección de dos discontinuidades estructurales, tiene plunge crítico, en el mismo sentido de la pendiente del talud.

Tipo de roca con una discontinuidad estructural con buzamiento fuerte y crítico, contrario a la pendiente del talud; además, apoyo del bloque inestable y débil



Volcamiento

Conviene definir, otros tipos de movimiento de masa, que puede acomodarse de acuerdo a su movimiento y tipo de material, a la clasificación ya expuesta.



Varnes 1978.
FLUJO DE TIERRAS.

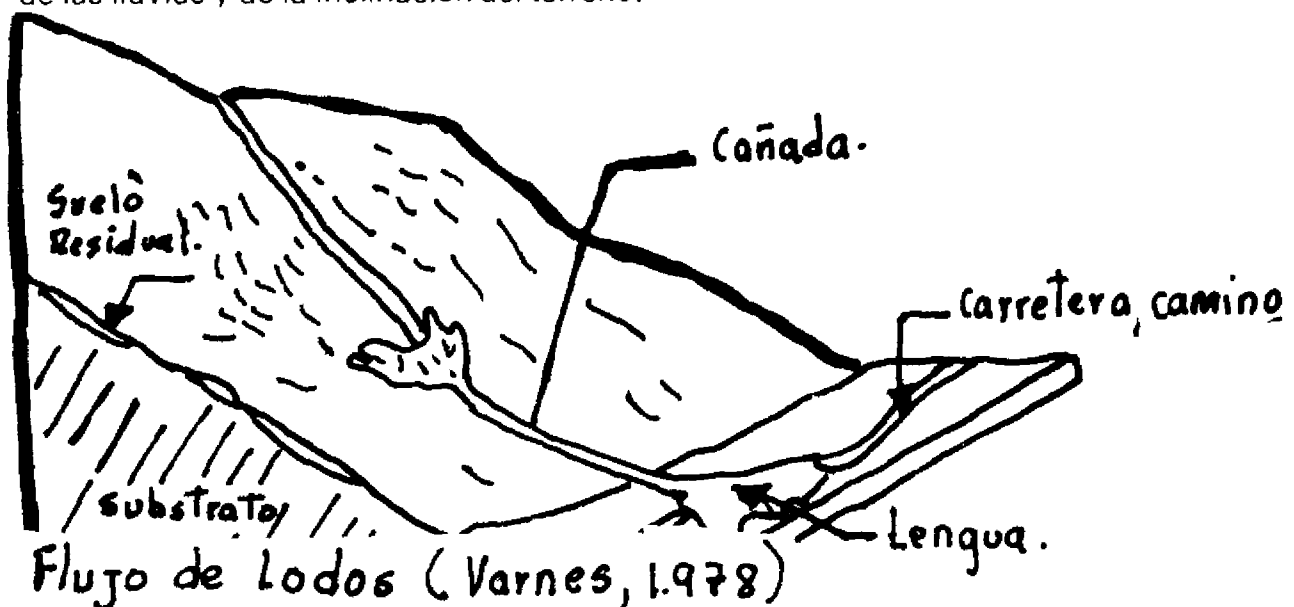
Flujos de tierra

Son movimientos lentos de meteorización, blandos, típicas en el material que forma la pata de un deslizamiento.

Los flujos de tierra frecuentemente retienen una parte considerable de la cobertura vegetal original e incluye mucho del material de origen.

Flujos de Lodo

Es común que se formen cuando una masa, deslizada previamente o no, se ablanda por acción del agua hasta tener una consistencia blanda y fluida, poniéndose en movimiento y alcanzar velocidades altas, lo que depende de la intensidad y duración de las lluvias y de la inclinación del terreno.



Flujo de Lodos (Varnes, 1978)

Se ha encontrado que los flujos de lodo pueden adquirir enorme poder destructivo y arrasar o cubrir con lodo y escombros las instalaciones que se hallan en su trayectoria.

Avalanchas

Consiste en el movimiento muy rápido de masas de material grueso, tales como grandes bloques de roca, cascajo y arena, con ciertas cantidades de suelo más finos como y arcilla junto con agua y/o aire atrapado. Este tipo de movimiento es de lo que más daño causa a las estructuras civiles y al hombre, debido a que la masa se desplaza relativamente rápido, no da tiempo a evacuar los sitios en alto riesgo.

4.9.3. Cálculo del factor de seguridad.

Una vez identificado el tipo de deslizamiento (Circular-Rotacional, planar, diedrico volcamiento), el ingeniero procede a calcular el factor de seguridad, que se conoce como **F.S.**

El factor de seguridad está dado por la relación de las fuerzas resistentes con respecto a las fuerzas motoras, así:

$$F.S. = \frac{F_r}{F_m}.$$

Donde: **F.S.** = factor de seguridad.
F.R. = Fuerzas Resistentes.
F.M. = Fuerzas Motoras.

La relación que resulte de calcular el factor de seguridad, será siempre numérica.

Vale la pena considerar estos resultados, a la luz de la tecnología actual.

Según J.E. Bowles (1982), los factores de seguridad a considerar son:

F.S. $\leq$ 1.07... El talud casi siempre falla.
1.07 < F.S. $\leq$ 1.25 El talud a veces falla.
F.S. > 1.25... El talud casi nunca falla.

Otros autores, entre los que podemos destacar Skempton (1970), Hoyos (1990), Fukuoka (1990), Ighihana y Hsu (1990), sostienen que el valor mínimo que se puede obtener en el cálculo de un factor de seguridad es uno. Cuando el factor de seguridad es uno, se presenta la falla.

Por lo que se puede concluir que el factor de seguridad, jamás podrá ser menor que uno; y si llegara a ser menor que uno deberá revisarse las variables que intervienen, en el cálculo de **F.S.**; es aconsejable revisar en este caso la cohesión y la fricción para corregirlos y proceder de nuevo al cálculo de **F.S.**

4.9.4. Factores de Riesgo en los Deslizamientos



El riesgo natural no es más que el peligro o la inseguridad de que se produzca un fenómeno congénito por acción directa o de la naturaleza, o de la acción humana.¹² Dentro de esos fenómenos podemos incluir la inestabilidad de las laderas.

El desarrollo moderno de las actuales obras de infraestructura, así como el impulso urbanístico y de vías, está recibiendo hoy en día, el desenvolvimiento de obras de protección. Estas obras de protección son posibles, únicamente, si se desarrolla todo un estudio, donde se logre una verdadera visión de estabilidad de las laderas.

En Colombia la inestabilidad de las laderas ha dejado un sinnúmero de víctimas. Además de ocasionar traumatismos urbanísticos, viales, sociales y económicos para sólo mencionar sino algunos de ellos.

Los taludes son sometidos a desequilibrios, originando deslizamientos, siendo muchas las formas mediante las cuales se inicia un deslizamiento. Unas de las características casi invariable es la presencia o ausencia de agua. Muchos de los taludes naturales se encuentran en condiciones potencialmente inestables, de manera que su falla se puede iniciar con facilidad.

Las ondas sísmicas siempre son una causa potente de movimientos y los procesos de erosión son otra causa común que puede actuar en diversas formas. La erosión en el pie del talud de material no consolidado puede remover el soporte necesario para el material superior, el cual empezará a deslizarse hasta que restaure la estabilidad.

Los planos de fallas constituyen otra causa frecuente de los deslizamientos, si están arreglados de modo que aislan bloques de material que de esta forma quedan libres para moverse.

Probablemente el factor más importante de todos, sea un cambio en las condiciones del agua del subsuelo, lo cual puede ser provocado por interferencia con las condiciones naturales de drenaje, evaporación excesiva de suelos que normalmente están húmedos o un incremento en el agua del subsuelo producido por lluvias excesivas. Este último quizá sea el modo más común de afectar las condiciones del agua subterránea y es especialmente grave, porque las lluvias excesivas también incrementarán los escurrimientos superficiales que puedan provocar una erosión del material al pie de un talud e intensificar de este modo las tendencias al deslizamiento.

La presencia de agua en el subsuelo tiene tres efectos principales:

- El agua incrementará el peso efectivo del material que satura.
- Creará una presión de poro apreciable.

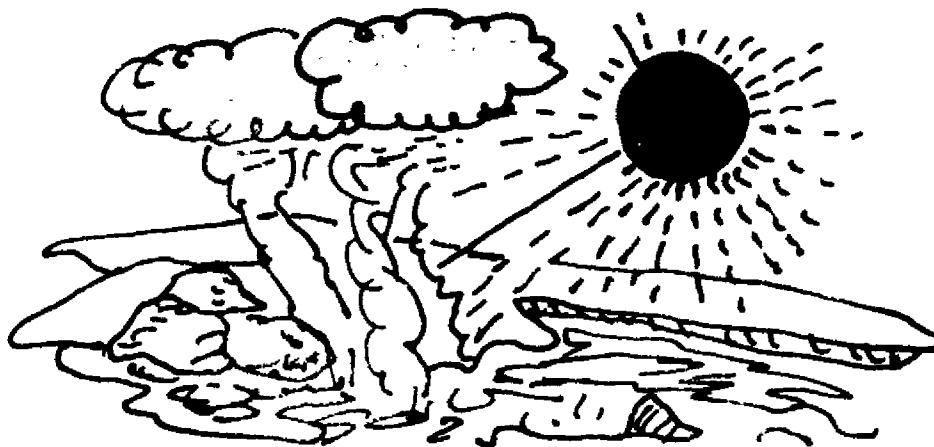
12 Ospina Parra Carlos, Condiciones de estabilidad en la zona sur-occidental del Municipio de Villa María Caldas (1990).

-- Tenderá a debilitar muchos materiales, incluyendo los tipos de rocas más débiles y los materiales no consolidados con algún contenido de arcilla.

La inestabilidad de las laderas, también puede ser originada por deslizamientos dinámicos o regresivos, determinados por deslizamientos pretéritos a gran escala. Estos mega-deslizamientos podrían estar asociados a fallas geológicas, conjuntamente con eventos sísmicos.

La hidrogeología, es una rama de las ciencias de la tierra que ha venido desarrollándose en su mayor parte bajo el impulso de una serie de necesidades de orden fundamentalmente prácticos; la mayoría de los más importantes progresos realizados en el campo de la hidrología han sido estimulados por los estudios dirigidos hacia la resolución de problemas de gran importancia económica. Mead en 1919 definió la hidrogeología como el estudio de las leyes relativas a la existencia y movimiento de las aguas subterráneas.

Aunque la hidrogeología se refiere exclusivamente al estudio del agua subterránea, debemos tener, sin embargo, una cierta formación sobre todos los aspectos del ciclo hidrológico del agua, al menos en sus términos más generales, ya que en el fondo las aguas subterráneas no representan más que una parte del ciclo hidrológico total del agua.



Una de las técnicas actuales, para la identificación de las aguas, ya sean subterráneas o del ciclo hidrológico, es precisamente, la de la hidrología isotópica.

El profesor Hoyos P.F. en un interesante artículo publicado en junio de 1990, en Medellín, a raíz del primer curso internacional de zonificación geológica-geotécnica en laderas de alta pendiente, de la cual fue conferencista, explica las técnicas de la hidrología isotópica, en donde afirma, que en ella; se hace uso de la variación en el contenido relativo de los isótopos pesados del hidrógeno y el oxígeno en la precipitación y en los lagos embalses, para identificar las posibles zonas de recarga de las aguas subterráneas, que bien pueden estar localizadas a muchos kilómetros de distancia de la zona de descarga o del área inestable que ellas afectan.

4.10. Geología y Catástrofes Naturales

Pocas veces, se ha logrado realizar una descripción tan clara y real sobre la relación existente entre la Geología y las catástrofes naturales, como la analiza el geólogo Edgar Enrique Roa de la Universidad Nacional de Colombia en su revista número 24 de 1990. Allí plantea la necesidad de conocer y comprender los fenómenos de la naturaleza en convivencia con el Hombre y las precauciones para la supervivencia. Es por lo anterior que se ha seleccionado el artículo "Geología y Catástrofes Naturales" del Doctor Roa, para complementar el documento Anexo al programa curricular para Básica Secundaria-Media Vocacional. Espero no incurrir en violación alguna al transcribir dicho artículo.

Carlos Alberto Ospina Parra
Ingeniero Geólogo
Oficina Deptal. para la Prevención
y Atención de Desastres.

Año tras año, en todo el planeta, la manifestación de algunos procesos geológicos naturales y los provocados o "disparados" por el hombre en la naturaleza causan miles de víctimas, daños en el medio ambiente y en los ecosistemas en tan sólo un instante, dejando profundas huellas en la sociedad y en su economía.

En la actualidad son muchos los lugares del planeta en donde se han edificado ciudades, complejos industriales, mineros, agrícolas y militares, que están expuestos a sufrir los efectos devastadores de uno o varios procesos geológicos naturales de manifestación violenta y catastrófica.

La práctica de una convivencia negligente, irresponsable, inconciente y peligrosa respecto a las características y condiciones geológicas naturales que nos rodean, en las cuales nos desarrollamos y vivimos, nos coloca en constante amenaza y riesgo potencial frente a estos procesos de normal ocurrencia en la naturaleza, pero catastróficos para el hombre debido a la violencia con que éstos se manifiestan y comportan.

1. La Evolución del Planeta en torno a Procesos Catastróficos.

4.500 millones de años han transcurrido para que la tierra y el sistema solar logaran adquirir su actual forma y condición, gracias a procesos geológicos naturales a pequeña y gran escala, de los cuales algunos son de tipo catastrófico.

El clima y la fisiografía del planeta deben también su estado actual a este tipo de procesos y "eventos" naturales o de normal ocurrencia y desarrollo. Estos, a su vez, desafortunadamente en algunas ocasiones -debido a los niveles de energía que alcanzan, la violencia con que se desarrollan y la duración en el tiempo en la cual se manifestaron, se manifiestan y se manifestarán- los hacen funestos y devastadores para el planeta y para cualquier forma de vida existente.

Normalmente estamos acostumbrados a convivir con ciertos procesos, propios de la geodinámica del planeta, como la lluvia, el viento, las mareas, la nieve, etc. De estos se conoce y asimila su comportamiento e interacción sobre el planeta y los seres que en ella habitan, siempre que su desarrollo normal esté enmarcado por ciertos límites, condiciones y características respecto a la energía que liberan, tiempo de duración y magnitud o grado de cambio o cambios que introduce en la superficie terrestre, y cómo afectan finalmente en forma conjuntamente o individual la litósfera (corteza terrestre), la biósfera y la atmósfera

Dentro del marco general de este enfoque se pueden estimar dos grupos de procesos, "fenómenos", "manifestaciones" y "eventos naturales".

El **primer** grupo de procesos geológicos naturales lo constituyen aquellos procesos, "eventos" y/o manifestaciones que ejercen su trabajo y acción a lo largo de miles a cientos de miles de años o inclusive en varios millones de años, con lo cual es posible que las diferentes condiciones físicas, químicas y geológicas del planeta cambien paulatinamente. Su "larga" duración permite a los organismos evolucionar y adaptarse a nuevas condiciones de vida en forma lenta, ordenada y continua; igualmente, estos permiten al planeta restablecer o propiciar los mecanismos y condiciones puramente geológicas que logren unas nuevas situaciones para lograr cada vez más un equilibrio más estable y duradero.

El **segundo** grupo está enmarcado por aquellas manifestaciones o procesos naturales de tipo catastrófico para la vida y el planeta mismo, debido a que liberan la mayor parte de su energía y ejercen su labor y acción en períodos o lapsos de tiempo extremadamente cortos, del orden de minutos, horas, días y unos pocos años, introduciendo grandes, dramáticos y drásticos cambios en el clima, la fisiografía y todo el grupo o conjunto de condiciones físicas y químicas favorables y necesarias para la vida en el planeta. Al efectuarse tal o tales desequilibrios en forma rápida y violenta, las nuevas condiciones son tan extremas que no pueden asimilarse por los organismos, provocando muertes, migraciones y extinciones masivas, por lo cual se constituyen en catástrofes naturales.

Afortunadamente para el hombre y demás seres vivos del planeta estas situaciones normales e inherentes a la geodinámica natural del planeta, presentan períodos de ocurrencia y/o recurrencia relativamente grandes entre manifestación y manifestación.

Ejemplos de esta doble situación los constituyen la sedimentación de un lago y una erupción volcánica.

En el primer ejemplo, los detritos producidos por la meteorización de las rocas y posteriormente transportados al lago, se sedimentan y con el transcurso de varios cientos o miles de años pueden llegar a transformarse en rocas luego de pasar por múltiples cambios y condiciones físicas y químicas. Este proceso es comparativamente lento y requiere de niveles de energía "bajos", inofensivos o asimilables tanto para los seres vivos que se desarrollan en su interior como para los que viven a su alrededor y dependen de él.

En el segundo ejemplo, en contraposición con el primero, está el caso de como se manifiestan y originan las rocas volcánicas. Estos son el producto final de procesos extremadamente complejos y violentos, acompañados por la liberación de inmensos niveles de energía y emisión de gigantescos volúmenes de roca "nueva". Los nuevos materiales o rocas que son virtualmente "vomitados" de las entrañas de la tierra (manto/corteza) a elevadas temperaturas y presiones no permiten forma alguna de vida ni de su sobrevivencia. Comparativamente una roca de origen lacustre puede tardar en su formación 1000, 10000 o más veces y/o más tiempo que el requerido para la formación de una roca volcánica; es así como en un lago en el cual se está "formando" un centímetro de roca a lo largo de 10.000 años, en un volcán durante una sola erupción se pueden originar rocas cuyo espesor individual varía de centímetros a varias decenas de metros, en una o simultáneas erupciones ocurridas en períodos de tiempo del orden de minutos, horas o días a lo máximo.

En algunos casos las rocas volcánicas llegan a cubrir o "sepultar" extensas áreas en las cuales podrían ubicarse varios lagos de tamaño medio como los que conocemos hoy día.

En el caso colombiano tenemos que por lo menos el 60% de la población, infraestructura, fuentes de trabajo y riqueza, se encuentran dentro del área de máxima in-

fluencia de procesos catastróficos o en regiones de reconocida actividad geodinámica de alta energía. Por ejemplo muchas de nuestras ciudades están atravesadas o ubicadas muy cerca a fallas geológicas activas, complejos volcánicos activos, o en áreas con alto grado de susceptibilidad a movimientos en masa e inundaciones.

2. La vida condicionada a un ambiente geológico favorable o adverso.

En el pasado más remoto de la vida en la tierra, hace 500 millones de años, ésta debió hacer antesala durante 4.000 millones de años para hacer su aparición en un ambiente "estable" y "favorable" para su supervivencia y desarrollo; sin embargo hoy podemos estar expuestos nuevamente a desaparecer como especie en muchas regiones del planeta bajo los rigores, poder y violencia de una naturaleza, mal comprendida y poco estudiada en este aspecto y seriamente afectada en lo más profundo y complejo de sus sistemas naturales de equilibrio y regeneración tanto geológicos como biológicos y atmosféricos.

3. Las rocas, el registro de la vida y las catástrofes naturales

La geología como disciplina científica se ocupa del estudio sistemático de todo, aquellos mecanismos, procesos, "fenómenos" y "eventos" que están involucrados en el pasado, presente y futuro de la Tierra como planeta, respecto a su evolución, estructura interna/externa, dinámica interna/externa y cómo ésta se manifiesta, actúa y queda registrada en las rocas. De igual forma estudia todo lo referente a la génesis, distribución, composición, estructura y actual disposición e interacción de las rocas a nivel mundial.

Desde la aparición de la vida y su posterior registro fósil, ha sido posible establecer con certeza, cómo a través de la historia geológica del planeta han ocurrido y se han manifestado ciertos procesos geológicos naturales en forma más o menos sistemática o repetitiva, los cuales finalmente han ocasionado muertes masivas, acompañadas de marcadas transformaciones estructurales y geográficas del interior y superficie del planeta, su contenido biológico y su atmósfera.

Las perturbaciones "inexplicables" o anómalas en las tasas de sedimentación, composición de las rocas, disposición, extensión y relación con otras rocas, forma de los estratos o cuerpos de roca, contenido, abundancia, tamaño y diversidad de fósiles, y la presencia o ausencia de ciertos minerales, son los principales parámetros por los cuales la geología puede evaluar científicamente las catástrofes naturales del pasado.

Por ejemplo, cambios repentinos en el espesor individual de una serie de estratos aparentemente homogéneos, así como de sus estructuras internas físicas y biogénicas, acompañadas por una "anómala" abundancia de restos de organismos de diferentes especies, de varios tamaños o estados de crecimiento, la disposición final con la cual estos restos fueron fosilizados y su desaparición definitiva del registro fósil presente en las rocas, permiten, sin lugar a dudas, identificar y definir la ocurrencia y manifestación de procesos catastróficos naturales, los cuales antecedieron y provocaron grandes migraciones, extinciones y muertes masivas de diferentes especies de organismos animales y vegetales a nivel local, regional y global.

Con base en este tipo de estudio y con la ayuda de otras disciplinas, leyes físicas, químicas, biológicas y geológicas, se han logrado realizar toda clase de reconstrucciones históricas de nuestro pasado geológico. Hoy con mucha experiencia, conocimiento e imaginación podremos realizar algunas proyecciones un tanto atrevidas y con cierto grado de incertidumbre o error respecto a nuestro futuro cercano en el planeta frente al campo de las catástrofes naturales y evaluar así la probabilidad y capacidad que tendremos para sobrevivir a ellas

4. La geología ambiental y las catástrofes o desastres naturales

La geología, como tradicionalmente se le conoce, no sólo se dedica a la búsqueda, prospección y evaluación de recursos energéticos o minerales indispensables para el desarrollo de nuestra sociedad, sino que también se ocupa, como disciplina eminentemente investigativa, en lograr un conocimiento más profundo y detallado de nuestro pasado geológico, de los mecanismos, procesos y fuerzas que moldearon, moldean y moldearán todo el planeta y las diferentes formas de vida; por otra parte analiza y estudia con especial interés cómo ha sido la sucesión de eventos y procesos, su interacción, su magnitud y las diferentes repercusiones e implicaciones para el planeta como para la vida misma.

En general las rocas son el resultado de múltiples situaciones en las cuales pudo o no haber intervenido la "vida"; sin embargo constituyen una página escrita del pasado geológico de la tierra, en un lenguaje "especial" el cual ha sido "descifrado" y "leído" por los geólogos revelándonos todos aquellos acontecimientos que le dieron su origen, estado y condición actual.

El estudio, identificación, evaluación y definición de las amenazas geológicas provocadas u originadas por procesos naturales se inicia en forma metódica en los años cincuenta.

Es entonces cuando la "geología ambiental" adquiere un campo específico de acción, investigación, trabajo y responsabilidad. Inicialmente muy restringida y definida a labores de tipo puramente estratégico y militar. En la actualidad la geología ambiental ha venido ganando terreno e importancia en forma vertiginosa, logrando así ocupar el lugar que le corresponde en un campo científico y social a nivel mundial, a medida que el hombre ha tomado conciencia de que aún depende y está a merced de las fuerzas, procesos y mecanismos que le dieron origen y forma al planeta Tierra y al sistema solar.

Primordialmente la geología ambiental trabaja e investiga en la identificación de áreas geológicamente "estables" e "inestables" referidas a tiempo y procesos geológicos naturales de edad reciente, principalmente en forma individual o conjunta para establecer al fin el período o períodos de normal ocurrencia, zonas con mayor posibilidad de manifestación y tipo de procesos o fenómenos clasificados como desastres o catastróficos que se pueden presentar en dichas áreas.

Los primeros estudios serios y de gran responsabilidad realizados en el campo de la geología ambiental se enfocaron en la definición de áreas de máxima "seguridad" y "estabilidad" geológica, además de presentar la menor probabilidad de ocurrencia normal de procesos y manifestaciones de tipo catastrófico, con el objetivo fundamental de poder ubicar instalaciones militares subterráneas, centrales nucleares, almacenes de armas químicas, biológicas y nucleares, bases y almacenes de cohetes y proyectiles, laboratorios y obras de infraestructura e industria estratégica militar y civil.

Con el transcurso de los años, del adelanto en las comunicaciones y medios de transporte, de los terribles efectos y consecuencias de múltiples y gigantescas catástrofes naturales ocurridas en tiempo humanístico y socioeconómico a la "geología ambiental" llevándola al campo de las obras civiles de infraestructura vital, planificación, desarrollo y ubicación de asentamientos humanos, logrando así constituirse en la actualidad en una condición de máxima importancia y prioridad en los países desarrollados para la formulación, planificación y ejecución de políticas y planes de desarrollo e inversión.

En Colombia la geología ambiental dista mucho de lograr cumplir con estos requerimientos y objetivos socioeconómicos a cabalidad, debido a múltiples y complejos factores

A raíz de las consecuencias producidas por el terremoto de Popayán en 1983, la erupción del volcán Nevado del Ruiz en 1985 y a los continuos derrumbes e inundaciones de los últimos 30 años, el país ha iniciado por fin un largo camino hacia el estudio, evaluación y conocimiento responsable de los procesos naturales de tipo catastrófico propios de nuestra condición geodinámica natural.

Si bien ningún lugar del planeta está exento de sufrir los rigores e inclemencias de la naturaleza o, en otros términos, no existe región alguna que nos brinde un cien por ciento de seguridad frente a situaciones catastróficas naturales, sí existen áreas donde su pasado geológico más reciente (últimos 10 a 15 mil años) no registra la ocurrencia, normal desarrollo y manifestación de situaciones geológicas catastróficas, pudiéndoseles considerar de alguna forma como áreas relativamente "estables" o "seguras" para ciertos procesos. Dichas áreas necesariamente presentan bajos índices tanto de amenaza como riesgo natural por presentar índices muy bajos de probabilidad de ser afectados nuevamente o un futuro cercano por dichos procesos.

5. Ciencias y herramientas afines y útiles

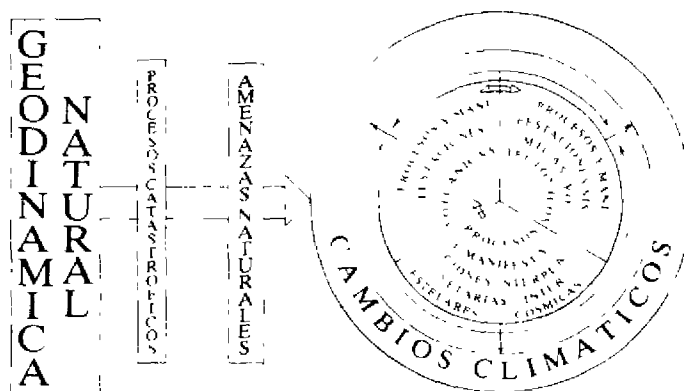
En la actualidad puede afirmarse que son pocas las técnicas o disciplinas científicas que no pueden ser aplicadas, integradas o utilizadas en el estudio, comprensión, manejo y prevención de catástrofes naturales.

Dicha labor se desarrolla en diferentes campos de acción y a cualquier escala en centros y laboratorios experimentales, centros de cálculo, buses de recolección y procesamiento de datos, estaciones de rastreo y monitoreo, satélites, barcos, aviones y submarinos acondicionados y equipados especialmente para tal efecto.

La geología ambiental hace uso de sofisticados instrumentos, aparatos y equipos de precisión en el campo de la teledetección, como satélites convencionales, meteorológicos y de exploración geológica. También se utilizan otros tipos de sensores remotos en foteointerpretación y geofísica; igualmente se basa en análisis e interpretaciones altamente especializadas en los campos de:

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| — Geodinámica /Tectónica | — Mineralogía |
| — Vulcanología | — Geoquímica |
| — Sismología | — Geofísica |
| — Meteorología | — Geología Histórica |
| — Climatología | — Geología Estructural |
| — Paleontología | — Geología Planetaria |
| — Bioestratigrafía | — Biogeografía |
| — Sedimentología | — Oceanografía |
| — Petrografía | |

RELACIONES MUTUAS DE LOS PROCESOS CATASTRÓFICOS



INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO

el campo de acción de la geología ambiental es extremadamente amplio y abarca también las distintas actividades que el hombre desarrolla dentro y fuera del planeta; entre otras tareas se encuentra el estudio sistemático de fallas geológicas, volcanes, meteoritos y cambios climáticos, principalmente

Aunque en la actualidad frente a la enorme presión, demanda y necesidad que tiene el hombre por adquirir espacio vital a "cualquier costo" y "mejorar" su condición de vida, la geología ambiental deberá entrar de lleno a evaluar los efectos negativos a nivel de catástrofes y desequilibrios provocados por el hombre, así como también tendrá que presentar una serie de posibles soluciones "viables" para lograr adquirir las condiciones armónicas, estables y duraderas entre el hombre y la naturaleza, para tal efecto y como único camino viable, seguro y más efectivo, la geología ambiental debe sin lugar a dudas conjugar armónica y equitativamente el trabajo y conocimiento de: astrónomos, climatólogos, meteorólogos, hidrólogos, ingenieros, matemáticos, agrónomos, biólogos, oceanógrafos, físicos, químicos, topógrafos, arqueólogos, antropólogos, sociólogos, médicos y economistas, entre otros, procurando así cumplir a cabalidad con su labor.

6. Importancia de los mapas de amenazas

Como resultado final de los trabajos geológicos investigativos para una determinada región del planeta, se obtienen mapas de amenazas geológicas potenciales para un determinado proceso o manifestación catastrófica del mismo.

La importancia de esta clase de mapas radica en que ellos son la base fundamental para la toma de decisiones responsables respecto a planes y medidas de contingencia, planes y obras de mitigación, planes de evacuación y reubicación.

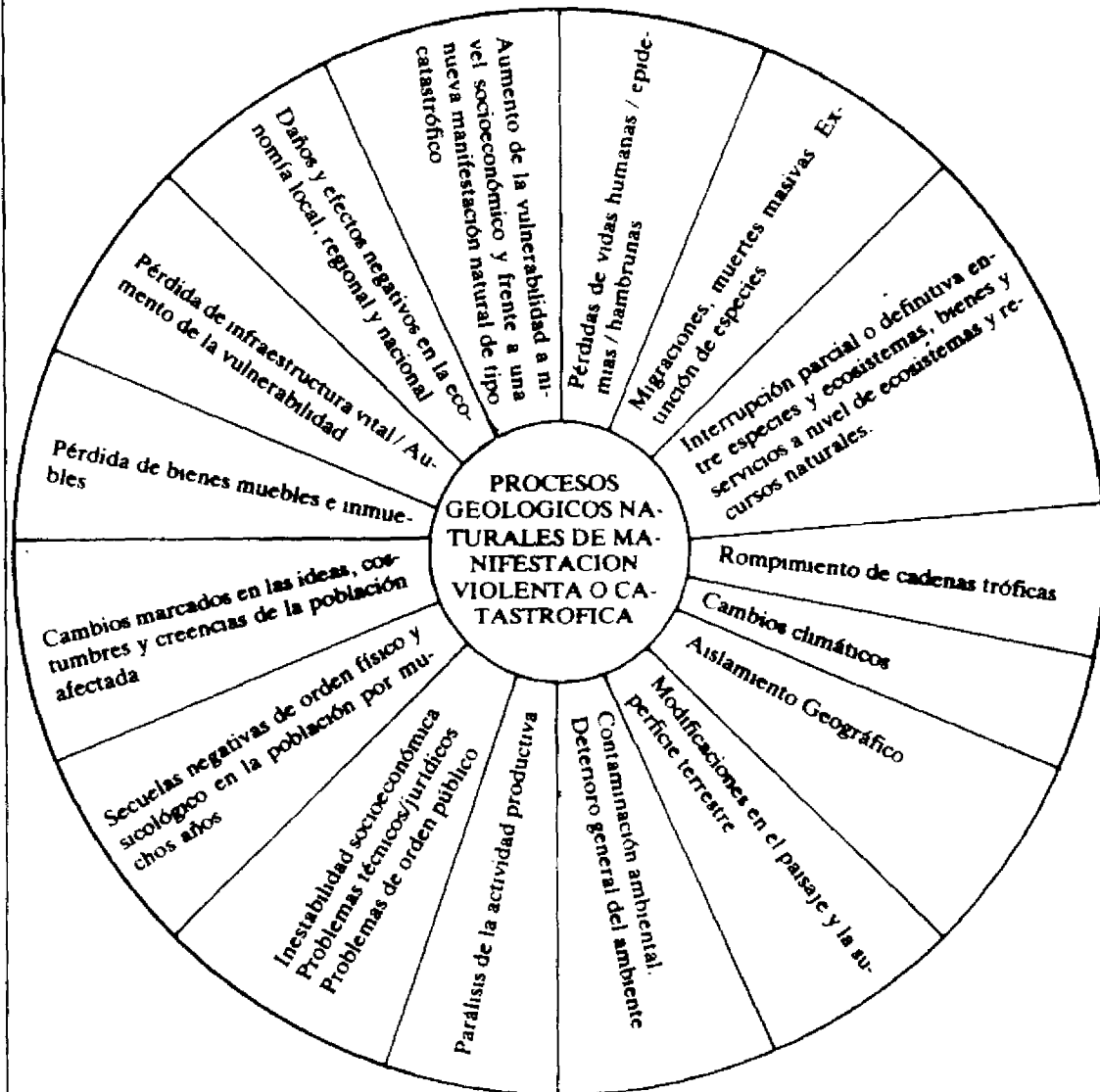
Los mapas de amenazas, además de prestar una vital, eficaz y valiosa ayuda en situaciones críticas originadas por procesos naturales, también son de gran valor para decidir acerca de planes de desarrollo, proyectos de inversión, proyectos de infraestructura vital, planeamiento territorial y uso de la tierra, planeamiento y desarrollo urbano, agrícola e industrial.

En este último caso se busca que la ubicación de los proyectos de desarrollo, inversión e infraestructura estén en áreas relativamente "estables", por lo menos que el tiempo normal de recurrencia de cualquier proceso o manifestación de tipo catastrófico en dichas áreas sea lo suficientemente mayor que la vida útil del proyecto a ejecutarse, procurando así un máximo de posibilidades para llevar a cabo dichos planes y proyectos dentro de los requerimientos, necesidades y condiciones geológicas de una región o un país.

De aquí la gran responsabilidad que recae tanto en quienes realizan los mapas de amenazas, como en quienes los interpretan y toman decisiones en base a ellos, ya que errores, fallas, omisiones o falta de conocimiento en la realización de los mismos, así como malas interpretaciones, desconocimiento del tema y mal asesoramiento para quienes los usan, traerán como consecuencia final planes, programas y obras equivocadas, las cuales no darán un resultado óptimo frente a una situación de amenaza o peligro natural, pudiendo en última instancia aumentar el número de víctimas y pérdidas materiales.

Para regiones volcánicas como las que existen en Colombia y otros lugares del planeta con volcanes de similar característica, condición evolutiva y desarrollo geológico, deben realizarse mapas de amenaza volcánica altamente especializados, para determinar las condiciones específicas de riesgo, vulnerabilidad y efectos negativos respecto a: nubes, ardientes, flujos de escombros, explosiones laterales, sismicidad volcánica, lluvia o caída de piroclastos, caída de bombas y bloques volcánicos, derretimiento de casquetes de hielo, inundaciones, sepultamiento, onda de choque, contaminación, cambios climáticos e incendios forestales, entre otros

CATASTROFES NATURALES Y ALGUNAS CONSECUENCIAS



DISEÑO Y DIBUJO Edgar E. Ros A.
Geólogo (UN).

A partir de estos mapas y con la integración de otras disciplinas técnicas y científicas se llevan a cabo evaluaciones de riesgo y vulnerabilidad, posibles daños, pérdidas y víctimas, con lo cual se establecen los parámetros y requerimientos mínimos para la implementación de planes de mitigación, y la ejecución de obras encaminadas a disminuir la vulnerabilidad