

PROLOGO

El territorio salvadoreño, está sujeto ha diversas peligrosidades ambientales relativas a aspectos metereológicos (huracanes, aluviones) y geológicos (terremotos, erupciones volcánicas, derrumbes, inundaciones fluviales, erosiones del suelo, contaminación del manto acuífero), cuyos efectos ligados a las acciones antrópicas y a la ejecución de obras artificiales, que producen contaminación y degradación del medio ambiente, acentúan el grado de peligrosidad natural.

Con el propósito de mitigar los riesgos derivados de estos procesos, en el presente estudio se da un primer ejemplo metodológico de elaboración de una cartografía geotemática de base, para utilizarse como instrumento insustituible para cualquier política de planificación que busque un desarrollo armónico y sostenible del territorio.

Con este propósito, como área piloto se ha escogido un sector del territorio del Departamento de Sonsonate (Área de Sonsonate-Armenia) que por sus características geoambientales, constituye un área representativa del contexto geográfico físico, geológico, geomorfológico e hidrogeológico de una gran parte del territorio salvadoreño.

En este estudio después de un análisis intensivo de los aspectos topográficos geológicos y geomorfológicos del área investigada, se han elaborado dos mapas con aspectos relacionados a la peligrosidad geomorfológica, en escala 1:25,000. En estos mapas se han marcado diferentes sectores, cada uno de los cuales presentan características

homogéneas que les confieren, respectivamente un grado de peligrosidad bien definida.

La macro zonificación de estas áreas puede ser provechosa para lograr un uso correcto del suelo y más en general, de una razonable planificación territorial. Debe subrayarse que en una fase de diseño deberá procederse a una evaluación más puntual, por medio de un estudio de mayor detalle a realizarse con mayor detalle a una escala mayor y sobre un área más pequeña, con el fin de realizar una micro zonificación dirigida esencialmente al análisis de todos los componentes de la peligrosidad ambiental y de sus interrelaciones.

Resulta entonces evidente que, en cada caso, son necesarias medidas de prevención que no pueden prescindir de estudios particularizados conducidos en un ambiente multidisciplinario. Tales estudios, entre otras cosas, deben ser acompañados del diseño de una red de monitoreo para la adquisición de datos de eventuales situaciones en que se sobrepase el umbral de riesgo, para permitir intervenciones de protección civil con la activación de iniciativas útiles.

INTRODUCCIÓN Y MARCO GEOLÓGICO AMBIENTAL

La crisis sísmica que inició con el terremoto del 13 de Enero del 2001 y se prolongó hasta el mes de Febrero, réplicas que alcanzaron magnitudes del orden de 5 en la escala de Richter, provocó numerosas víctimas y cuantiosos daños.

En particular desde un primer examen, parece claro que un papel determinante entre los procesos destructivos, ha estado en juego la

ocurrencia de desprendimientos de tierra en las pendientes, originados después de la sacudida sísmica. Basta pensar en lo ocurrido el 13 de Enero en Santa Tecla, donde habitantes y viviendas fueron duramente afectados, ocurriendo un deslizamiento inducido por el sismo, depositándose a lo largo del vertiente inmediato aguas arriba de la periferia Sur de la ciudad, sembrando muerte y destrucción y de hecho dejando a ras de suelo la Colonia “Las Colinas” dañando directamente a los habitantes.

En los territorios afectados por el sismo y en particular aquellos de la región occidental Salvadoreña, el evento sísmico ha provocado daños notables a viviendas, infraestructura y edificaciones del patrimonio cultural, determinando, directa o indirectamente, parcial o total de numerosos centros habitacionales y plantaciones. En detalle, el número de viviendas destruidas arrojó un saldo de 108,226 mientras que aquellas seriamente dañadas resultaron ser 169,632 (datos del COEN). A continuación se reportan los datos más relevantes de los eventos sísmicos más significativos.

Con relación al sismo del 13 de Enero, se ha calculado un hipocentro a 100 Km al SO de San Miguel, a una profundidad de 39 Km, con una Magnitud de 7.6 (datos de USGS). A causa del movimiento principal se registraron 844 muertos y 4,723 heridos.

Un nuevo sismo ocurrió después de un mes, el 13 de Febrero del 2,001, con hipocentro ubicado a aproximadamente a 30 Km al E de la capital San Salvador, a una profundidad de 13 Km. Con una magnitud de 6.6 (USGS), el número de víctimas mortales fue de 315, resultando 3,399 heridos, 41,302 viviendas destruidas y 15,706 viviendas seriamente dañadas.

De cualquier modo, con la ocurrencia del terremoto del 13 de Enero se produjeron 574 derrumbes que han causado muerte y destrucción. El mayor número de víctimas (585), heridos (1,364), viviendas dañadas o completamente destruidas (30,946) ocurrieron en el Departamento de La Libertad, en cuyo territorio ocurrieron 202 derrumbes.

Es necesario subrayar que los dos eventos sísmicos anteriormente citados fueron acompañados de numerosos movimientos de reajuste (réplicas), a veces con magnitudes mayores de 5 en la escala de Richter, que en cualquier caso fueron contribuyendo a la parcial o total reactivación de anteriores derrumbes que provocaron el inicio de nuevos movimientos de masa.

Del análisis de los datos anteriormente expuestos resulta evidente que si por un lado los daños sufridos por las construcciones, particularmente de aquellas de mala calidad constructiva, se han producido directamente por la acción del sismo, para muchas otras estructuras e infraestructuras y para todo el patrimonio cultural, la principal causa de destrucción ha sido la movilización de muchos derrumbes.

Con el propósito de clasificar mejor la fenomenología de los derrumbes ocurridos, puntualizando factores que predisponen la ocurrencia de los derrumbes, causas del inicio y tipología de movimiento, además de evaluar las condiciones actuales de estabilidad de las vertientes, poco después del terremoto se ha constituido por encargo del PNUD, un equipo de trabajo el cual han participado también los autores del presente trabajo en calidad de geomorfólogos.

La actividad de investigación se ha desarrollado por medio de una primera misión de contacto sobre el territorio, durante la cual se han adquirido

también material cartográfico y bibliográfico, y por una fase de análisis e interpretación de los datos obtenidos.

En este contexto se ha realizado una primera misión esencialmente orientada a la evaluación de las condiciones de estabilidad de las vertientes, después del evento sísmico. Esto sobretodo desde la óptica de una correcta inserción de las eventuales obras de reconstrucción, con miras a la identificación de los lugares más idóneos, caracterizados por las condiciones de baja peligrosidad.

Al final de esa misión ha sido una conclusión común la necesidad de proceder con un estudio sistemático, sobretodo por que con intervenciones puntuales, no se puede obtener una visión general de la problemática de riesgo y de la peligrosidad del territorio.

Bajo esta óptica se ha realizado un estudio de detalle, que ha permitido la elaboración de mapas temáticos de la peligrosidad geomorfológica en escala 1:25,000 de porciones del territorio que pertenece a los municipios de Sonsonate, Nahuizalco, San Julián, Armenia, Juayua e Izalco (Departamento de Sonsonate). El Departamento de Sonsonate representa de hecho el sector en el cual está concentrada la ayuda de la Cooperazione Italiana. En particular el área que ha sido objeto de esta investigación cae en las siguientes hojas topográficas, publicadas en escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Nacional de El Salvador:

- **2257 I** Santa Ana
- **2257 II** Sonsonate
- **2357III** Nueva San Salvador
- **2356 IV** La Libertad

Antes de ilustrar los mapas geotemáticos elaborados, se considera oportuno aclarar los conceptos de *peligrosidad ambiental* y de *vulnerabilidad territorial*, a pesar de ofrecer un panorama geológico/geomorfológico relativo del área estudiada, en su contexto geodinámico.

EL RIESGO AMBIENTAL

PELIGROSIDAD, VUNERABILIDAD Y RIESGO

La peligrosidad ambiental de un territorio, es definida por la probabilidad que un cierto fenómeno desastroso natural ocurra en un intervalo de tiempo dado. Para determinar la peligrosidad ambiental en un área dada deben identificarse todos los procesos que, se reconocen como activos o potencialmente activos, que puedan modificar el equilibrio y la estabilidad. En particular para cada uno de estos fenómenos se deberá evaluar la función de distribución de probabilidad de la intensidad esperada, subdividiendo las áreas en sectores, cada uno caracterizado por un valor propio de umbral de intensidad máxima.

A la definición de vulnerabilidad territorial concurren diferentemente, todos aquellos factores que tiene la característica de determinar la entidad y el tipo de recaída que los fenómenos de peligrosidad pueden provocar en una parte del territorio. En este sentido es posible subdividir los factores de vulnerabilidad territorial en dos categorías principales: Factores que determinan la *vulnerabilidad por exposición* y factores que determinan la *vulnerabilidad de las organizaciones sociales*.

Entre los primeros entran ya sea la calidad intrínseca de las obras de ingeniería, cuyo contenido técnico y tecnológico determina de hecho la resistencia a los fenómenos desastrosos, ya sea la evaluación socio-económica de la entidad del valor expuesto, en términos de número de habitantes, de tipología de construcción y de infraestructura (construcciones para uso civil, industria, cultivos, vías de comunicación) que existen en el área eventualmente afectada.

A la segunda definición pertenecen consideraciones relativas a la capacidad de prevención y reacción ante los eventos de calamidad, de parte de la población y de las organizaciones sociales presentes en el área; por ejemplo, el incremento previsible de la vulnerabilidad territorial al aumentar la densidad de la población, y también del valor expuesto, puede resultar también fuertemente limitado, en los lugares donde se activen campañas de información y sensibilización sobre fenómenos de calamidad pública, sobre los cuales el comportamiento a asumir para no favorecerlos y como comportarse en caso de desastre.

De la combinación de la peligrosidad ambiental y de la vulnerabilidad territorial es posible establecer el *riesgo ambiental*. Esto identifica además la probabilidad que las consecuencias económicas y sociales de un cierto fenómeno de peligrosidad superan cierto umbral.

Sin embargo en la evaluación del riesgo ambiental se toman en cuenta los fenómenos de calamidad en función de todos aquellos aspectos que concurren a cuantificar la probabilidad que un daño ambiental, de una determinada intensidad se pueda verificar en un cierto intervalo de tiempo en el interior de la porción del territorio que se está evaluando.

MITIGACIÓN DEL RIESGO

El concepto de mitigación define todas aquellas acciones que sobre la base de un escenario de riesgo, buscan su reducción, hasta hacer aceptable la relación entre los costos de ciertas intervenciones de mitigación por si mismas y los costos hipotéticos, en términos económicos y sociales, que la comunidad debería afrontar en el caso en el cual el fenómeno de calamidad ocurra.

Con tal propósito se subraya que es importante la consideración que la pérdida de una sola vida humana, puede configurar un costo sostenible (determinando siempre esta un valor expuesto inestimable), todas las intervenciones de mitigación del riesgo tienen costos, que deben justificarse en el ahorro potencial asociado a la disminución del riesgo mismo.

Entre las intervenciones de mitigación del riesgo pueden identificarse tres tipologías fundamentales, las cuales son:

- i) Reducción de la peligrosidad
- ii) Reducción de la vulnerabilidad por exposición
- iii) Reducción de la vulnerabilidad de las organizaciones

Un ejemplo clásico de mitigación de la peligrosidad es el aquel asociado a la ejecución de obras de recuperación de las vertientes, de estabilización de las masas sujetas a fallar, o de ordenamiento de la corriente superficial.

Obras de consolidación de las infraestructuras o de las construcciones de muros de contención, así mismo tomando muy en cuenta las reducciones de la vulnerabilidad por exposición de las estructuras.

Promoviendo la elaboración de planos de evacuación (protección civil), el desarrollo de campañas de información y concientización (educación ambiental), en pro de la mitigación, reduciendo la vulnerabilidad de las organizaciones sociales.

Garantizando las intervenciones de las mitigaciones, señalando que todas las intervenciones se enfocan a la reducción de la vulnerabilidad de las organizaciones sociales. Generalmente se procede por los mas bajos costos. Contrarrestándose de dicha forma una acción eficaz a la problemática propia del terreno, en lo referente a las intervenciones de reducción de la peligrosidad o de la vulnerabilidad por exposición. De hecho estas últimas intervenciones deberían siempre estar dirigidas hacia aquellas situaciones de riesgo elevado, determinándose la causa de error en la destinación del territorio, en los cuales no es garantizable la traslación de los bienes expuestos (conjuntos habitacionales o infraestructura de grandes dimensiones, sitios arqueológicos, etc.) cuando esto sea físicamente ligado al territorio (terrenos agrícolas, obras de captación de aguas subterráneas, etc.) siempre y cuando donde está limitada la disponibilidad del área, la cual se presenta valores de peligrosidad menores.

Por cuanto se proteja el buen uso del territorio, en vez de buscar solo obtener más ventajas económicas, y en cuanto sea posible adecuar el sitio escogido de ubicación y proyección de la obra de las nuevas construcciones, a los escenarios de peligrosidad ambientales definidos de hecho, de la información de la peligrosidad ambiental, en una porción dada

de territorio, siendo posible identificar el área más idónea para la construcción de conjuntos habitacionales, y de infraestructura estratégica, minimizando los costos de las proyecciones de los mismos, conservándose de esta manera, la compatibilidad con el territorio mismo.

LA PELIGROSIDAD GEOMORFOLOGICA.

Los procesos de la naturaleza geológica, en cuestión de determinar condiciones de peligrosidad ambiental, son reducibles a los fenómenos de contaminación de los recursos hídricos, a los procesos volcánicos, sísmicos y tectónicos, aunque los fenómenos geomorfológicos guardan íntima relación con la superficie terrestre. A cada uno de dichos fenómenos es posible asociar en función del respectivo valor de vulnerabilidad territorial, un valor de riesgo.

Tras los procesos geomorfológicos, en cuanto a determinar condiciones de peligrosidad, y potencialmente también de riesgo, ciertamente se revisten de un papel central vinculado a los deslizamientos de tierra y de las inundaciones.

Las prevenciones primarias de todos aquellos procesos de modificación que improvisan las vertientes (en tales ocasiones deberá verificarse una acción directa sobre el material de cobertura, sobre el sustrato rocoso o entre ambos) la acción de la fuerza de gravedad, que en determinadas condiciones, puede provocar la movilización de volúmenes de roca en forma bastante considerable.

Seguidamente, en vez de asociarlos a los eventos de intensa precipitación meteorológica, que podrían aportar volúmenes de agua, superiores a la

capacidad de absorción de la red hidrológica, ocasionándose luego inundaciones generalizadas, arrastrando consigo el lecho geomorfológico, también la comprendida dentro del área situada a una distancia considerable del cause principal fluvial.

Definiendo un dato del fenómeno en la evaluación del grado de la peligrosidad, es necesario tomar en consideración todos aquellos elementos analizables, observando la actual configuración del territorio que puede determinar, o también solo favorecer la instauración de las condiciones de inestabilidad.

Para tal propósito, a continuación se exponen brevemente las peculiaridades de algunos elementos teóricos, indispensables para la comprensión de los fenómenos de deslizamientos de tierra, y del método utilizado para la evaluación de la peligrosidad geomorfológico.

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS DESPRENDIMIENTOS DE TIERRA.

Los derrumbes se tornan en aquella clase de procesos naturales, con el fin de determinar modificaciones del medioambiente, de manera tal, que ponen en peligro la integridad de la obra del hombre, y con el atenuante de que algunos casos ponen en riesgo la vida humana. Esto, no obstante, sí denota que los derrumbes son procesos naturales a través de los cuales las vertientes de descarga, tiendan a alcanzar condiciones de equilibrio, respecto aun cuando de fuerzas agentes se trate.

Por definición, los procesos de derrumbes son causados por la acción del campo de fuerza gravitacional, y en particular, a los componentes

horizontales. Las porciones de la superficie terrestre, en las cuales la componente horizontal del campo gravitacional no es nula, constituye parte de los elementos fundamentales del medio morfológico que adoptan la denominación de vertientes. Los derrumbes se definen en este sentido, como la clase de procesos de modificación natural de la superficie terrestre que se conocen bajo el nombre de procesos de gravitación de vertientes.

CLASIFICACION DE LOS DERRUMBES.

El problema de la clasificación de los derrumbes, ha constituido un argumento de gran controversia en los primeros años de la década de los ochenta. De hecho, el asunto asume un significado estratégico, en base a la clasificación adoptada, viniendo posteriormente a catalogarse de modo particular a nivel nacional e internacional, los eventos observados. Claramente, de hecho, cualquier labor de análisis interpretativa de los eventos pasados, están fuertemente controlados por los tipos de clasificación adoptados en el lugar que acontecen.

Tanto que con mayor frecuencia se registren, con relación a los intervalos de tiempo entre cada uno de los eventos, aunque registrándose de modo tal, que en los estudios de cuencas, o en los estudios estadísticos, vienen tomándose en consideración cuantiosas muestras, siendo imposible efectuar un relieve geomorfológico puntual.

En el presente estudio, para clasificar los derrumbes se ha adoptado la clasificación propuesta en 1978 por Varnes, cuyos elementos característicos son:

- a) El tipo de movimiento.

- b) El tipo de material.
- c) La característica de evolución de espacio-temporal.
- d) La edad relativa.
- e) El grado de actividad de los derrumbes.

Bajo esto se resume que por cada uno de los términos distintivos de las diferentes tipologías contempladas se encuentran:

Tipo de movimiento:

Hundimiento (fall), derribamiento (topple), deslizamiento rotacional (rotational slide), o deslizamiento traslativo (translational slide), expansión lateral (lateral spread), desagüe (flor).

Tipo de material:

Roca (rock), escombros (debris), tierra (Herat).

Edad relativa:

Reciente, antigua, fósil.

Estado de actividad:

Activo, en descanso, estabilizado.

Se menciona frecuentemente que en la naturaleza se encuentra frente al caso de derrumbes complejos, entendiendo con este término un conjunto de procesos de deslizamiento de tierra que puede afectar un área mucho más allá de una vertiente en particular, o que están constituidos de más tipos de movimientos, y que sin embargo, resultan entre ellos ligados a una relación de causa-efecto.

FACTORES CAUSANTES DE LOS PROCESOS DE DESPRENDIMIENTOS DE TIERRA.

Se distinguen en esta sede, factores de control, siendo todos aquellos factores por los cuales es necesario definir la interdependencia en las comparaciones de las formaciones mismas, al interior del sistema de ecuaciones que describen el equilibrio dinámico de la vertiente, así como también los factores iniciales, tras los cuales se han ubicado todos aquellos factores que pueden solicitar los modelos para satisfacer el superar las situaciones con condiciones de inestabilidad.

Los factores de control, en efecto pueden describir un sistema próximo a las condiciones de ruptura, necesitando de un proceso de iniciación de amplitud, también aparentemente insignificante en relación a la escala del modelo completo. Todavía por estos factores de control, que dependiendo de la forma seguida a las cuales se desarrolla de forma continua la evolución cinemática del vertiente.

Tras los principales factores de control, ciertamente son las características mecánica de medio (factor geológico), la geometría de la hipotética superficie de ruptura (factor morfológico), en su relación con la superficie piezométrica (factor hidrológico).

La característica mecánica de los volúmenes de roca, dependiendo de la formación del medio, que para todos los procesos sucesivos de diagénesis, alteración y disgregación, aunque de las fuerzas de origen tectónico, que pueden modificar la sedimentación reflejada en el género de la homogeneidad de las características mecánicas del medio, en forma de variaciones ambientales, por ejemplo de marino a continental,

determinando la frecuente sobre posición de términos litológicos, los cuales forman secuencias que en presencia de la acción de fuerzas, están más fácilmente sujetas a deformaciones.

Si continuamente se discutiera, como un caso aparte, la constitución de los fenómenos de desprendimientos de tierra, que se instauran al interior de un litotipo homogéneo. Estos son de hecho, dominantes de los factores morfológicos y de los factores hidráulicos.

Consistentes alteraciones de las características mecánicas de las rocas, que pueden interferir sucesivamente en la posición de las masas, son aquellas ligadas a las tensiones. La aplicación de fuerzas orientadas, según el tipo de roca y al tipo de dinámica asociada a los esfuerzos, determina la formación de planos debilitamientos, o al contrario de mayor resistencia de la roca, constituyéndose con frecuencia, un factor evidente de control, en la determinación de los tipos de respuesta del sistema a los procesos de derrumbes.

Se entiende por factores morfológicos, a las clasificaciones del fenómeno de derrumbes, estrechamente vinculados a las disposiciones geométricas, que se dan más sobre la superficie terrestre que en los subsuelos, de todas las superficies de discontinuidad litológica (contactos geológicos) y morfológica (superficie topográfica), en análisis anteriormente asimilados, acerca de las superficies de discontinuidad, sobre las propiedades mecánicas de las rocas.

En base al factor morfológico, extendido a los conceptos, siendo para cada uno de los vertientes, aunque también a los sectores más amplios de los territorios, distinguiéndose diferentes estratos morfológicos.

La morfología actual de los relieves, son producto de la acción de los procesos endógenos y exógenos, que han modificado la geometría originaria, con las cuales las rocas se han sedimentado, o en general, se han formado a través del tiempo. Por cuanto al cuidado de los factores morfológicos, una distinción primaria se efectúa según el tipo de roca o sucesiones consideradas.

En ambiente eruptivo, la fuerza que conduce la masa en contra de los volúmenes de roca ubicados, pueden ser orientados en general, en cualquier dirección, en dependencia de la modalidad de surgimiento del magma intrusito, o de las características de las edificaciones volcánicas, sobre las cuales vienen arrojando la colación efusiva, y aportando la resultante final de la evolución de las condiciones de yacimiento de un volumen de roca, quedando difícilmente simplificables.

En ambiente sedimentario, en vez de los medios de formación de las rocas, se caracterizan por los más horizontales del plano de exposición (sedimentaciones excepcionales, como por ejemplo los depósitos de escarpa horizontales), que da lugar a secuencias rocosas independientes de un buen acoplamiento reológico, tras volúmenes depositados en contacto directo. Esto provoca que cualquier sucesiva variación geométrica de la superficie de contacto, eleve la probabilidad de ocasionar estratos inestables. De hecho, la formación de componentes del campo gravitacional paralelo a las superficies de discontinuidad mecánica del medio.

De este punto de vista, la tectónica desempeña un papel fundamental en cuanto a los acontecimientos de las diversas fases tectónicas, y responsable

de las capas geológicas estructurales, y de los estratos geomorfológicos de un área determinada, mientras los procesos geomorfológicos se encargan de ir, principalmente, contribuyendo a modelar el medio más detalladamente.

Los eventos tectónicos pueden de hecho rotar y dislocar, según las direcciones y rebotes extremadamente variables, de las superficies de deposición o directamente trasladando contacto de sobre posición de volúmenes rocosos, depositándose en medios diferentes, así como por ejemplo, en los casos de sobre deslizamientos.

El factor hidrológico protege las condiciones hidrológicas del medio que más generalmente caracteriza en términos de presión hidrostática del sistema en su totalidad. Los factores de ocurrencia pueden ser de tipo indirecto y de tipo directo. Entre los primeros pueden citarse, aquellos insertados que influyen sobre el sistema provocando variaciones en sus factores de lo controlan, los cuales son de entrada (INPUT), están constituidos de la derivada temporal de la alteración de los factores de controles (oscilaciones de los niveles de pliegue, variaciones del perfil topográfico del vertiente, etc.)

Entre los segundos se contemplan todos los procesos que directamente complican la variación de las condiciones, en el campo de los esfuerzos que actúan sobre el vertiente.

Entre los factores de ocurrencia indirectos, ciertamente juegan un papel central y detenido, los factores meteorológicos y climáticos, en cuanto que de estos dependan, todos los mecanismos de ocurrencia vinculados a los

diversos procesos de erosión, aunque las varíen de las condiciones hidrológicas en el subsuelo.

El proceso de erosión puede además, modificar el perfil de un vertiente, incrementando la intensidad de los esfuerzos de corte, así como un alzamiento imprevisto del nivel de los pliegues, acompañado de una precipitación pico, más la ocurrencia de procesos de deformación.

El factor de ocurrencia directa coincide con la aceleración impuesta de la incidencia sísmica sobre el volumen en equilibrio. Esto ciertamente ocupa un argumento de gran relevancia y de fundamental importancia en la gestión económica del riesgo.

En efecto que tras el factor de ocurrencia ciertamente la incidencia sísmica es el factor relevante que determina la activación casi inmediata del proceso, que va forjando una energía de activación tal que pone en movimiento el sistema retentivo estabilizador, desarrollándose un rendimiento insuficiente para la estabilización del proceso de todas o casi todas, las posibilidades de estados de equilibrio.

Aquí , en fin, no debe omitirse el considerar las posibles influencias de tipo antrópico, sobre los procesos de desprendimientos de tierra. Por otra parte, así como normalmente incide en el medio ambiente, el hombre es así mismo víctima y verdugo.

Son innumerables los ejemplos de factores de ocurrencia de tipo antrópico, que generalmente están ligados a la utilización irracional del territorio. Sin embargo, el caso de indicar que la magnitud de la modificación impuesta sobre el territorio por obra del hombre es tal, que debe retomarse alguna actividad del hombre en pro de los factores que controlan el proceso. Por

ejemplo, se proyecta realizar modificaciones sustanciales del medio ambiente, tal como la siembra de cultivos escalerilla, de manera tal, que provocan también considerables modificaciones al terreno.

Aún a costa de la eliminación sistemática de un factor de contención de fundamental relevancia en muchos casos, los cuales representan a la vegetación. Esta daría un efecto al grado de atenuar drásticamente la eficiencia de muchos mecanismos de ocurrencia vinculados a la erosión superficial del suelo.

Tales consideraciones sugieren toda la urgencia de los estudios que sean necesarios, al mismo tiempo profundizados, que propongan numerosos modelos individualizados, al grado que representen en buena forma el fenómeno de los deslizamientos de tierra, extendiéndose a las porciones de los territorios significativos de un punto de vista estadístico, y en particular sobre el perfil de los caracteres morfológicos.

Tales estudios deben adjudicar la debida importancia a la definición, de procedimientos concebidos y consolidados sobre la base en la cual sea posible representar el territorio con modelos que describan la tendencia propia, al tomarse en condiciones de inestabilidad morfológica.

A partir de estos modelos, es por tanto posible proteger el sector útil del territorio compatible con las características actuales, y sobre todo por las condiciones propias de energía potencial.

LINEAMIENTOS GEOLOGICOS DEL AREA ESTUDIADA.

CUADRO GEOLOGICO

La estructura montañosa de El Salvador (América Central), está esencialmente constituida de dos cadenas alargadas en sentido Este-Oeste, y separadas por un vasto altiplano central, que representándola la prosecución septentrional de la cordillera de los andes.

Tales configuraciones morfológicas, son las que caracterizan en su totalidad, al margen occidental de América Central, siendo el resultado de los choques internos, con la placa de cocos (ubicada al oeste-sur oeste, y constituida de litosfera con corteza oceánica) y la placa del caribe (situada al Este-noreste, y formada de litosfera con corteza continental). Análogas condiciones geodinámicas se repiten más al sur, a lo largo de la costa del pacífico de la América meridional, donde acontece la convergencia interna, entre la placa de Nazca con la corteza oceánica y la placa sudamericana con corteza continental.

Seguido a estas colisiones, y en razón de la mayor densidad de la corteza oceánica respecto a la placa continental, si esta recibe de esta forma, el hundimiento (subducción) de la más pesada placa occidental, (cocos y nazca) a la de bajo de la placa oriental (caribeña y sudamericana), a lo largo de una superficie (plano de benioff) inclinada localmente alrededor de 40° y 60°, tales choques han transmitido, determinándose una intensa deformación de la corteza (orogénesis) que han arrastrado grandes volúmenes de roca y que se han manifestado en la superficie con el lento y gradual levantamiento de una cadena montañosa (cordillera), acompañado de procesos metamórfico-magmáticos y plasmándose en violentos terremotos y ruinosas erupciones volcánicas.

En particular, el proceso oro genético en examen, que se está realizando a través de muchas decenas de millones de años, es la causa de los orígenes de un sistema llamado arco-fosa , que procediendo del sur hacia el norte, en el caso específico del fragmento de continente americano en examen, prevé:

- a) Una losa abismal constituida de corteza oceánica.
- b) Una fosa oceánica (fosa de México o de la América central) más profunda, 5 km, además con respecto a la cuota media de la fosa abismal, a lo largo de la cual, la más densa y fría litosfera hasta la corteza oceánica, perteneciente a la placa de cocos, muy destruida en el proceso de subducción;
- c) Un arco volcánico magmático (frente volcánico de la América central), constituido de una cadena de volcanes situados a lo largo del margen del océano pacífico del continente americano, que a su vez puede ser subdividido en:
 - 1) Una cordillera meridional (cordillera costera), compuesta de numerosos volcanes activos.
 - 2) Una cuenca de intra-arco (altiplano central), cuyo origen es debido a procesos tectónicos de tipo distensible;
 - 3) Una cordillera septentrional (área hondureña) intensamente deformada.

Sitio modestamente bordeado de rocas sedimentarias mesozoicas de naturaleza carbonada y cuarzosa (Fm. de Metapan, jurásico?- cretáceo) floreció en el extremo noroccidental del país, El Salvador está esencialmente constituido de una combinación rocosa, pertenecientes a los períodos terciario-cuaternario, sedimentarias (piroclásticas y andesitas) las

cuales han sido originadas, luego que fueron reconducidas a subseguirse de erupciones volcánicas, de los tipos explosivas y efusiva, cuya edad está comprendida dentro de los períodos oligoceno y el oloceno. Particularmente en la literatura geológica esta combinación de terrenos, se subdivide comúnmente en cinco diferentes unidades (formaciones) que van desde la más antigua a la más reciente, y estas son:

- ❖ Fm. de Morazán (Oligoceno? – mioceno?)
- ❖ Fm. de Chalatenango (Oligoceno? – mioceno?)
- ❖ Fm. del Bálsamo (Mioceno? – plioceno?)
- ❖ Fm. de Cuscatlán (Plioceno – pleistoceno)
- ❖ Fm. de San Salvador (Oloceno)

En el análisis detallado de todas las formaciones, se ha obtenido la resultante de unas sucesiones policíclicas de:

- Niveles de piroclásticas estratificadas en bancos de 10 mts hasta 1 mt, compuestos de combinaciones de cenizas y lapidificaciones hasta varios grados de cementaciones, contenidas a veces en horizontes discontinuas, hasta en bombas volcánicas; se trata de rocas sedimentarias clásticas, constituidas de elementos silicalizados y hasta de composiciones ácidas, derivadas de erupciones volcánicas del tipo explosivo;
- Rocas basálticas o andesitas, originadas de los enfriamientos de extensas colaciones lávicas, producto de actividades volcánicas de los tipos efusivo, tratándose de rocas eruptivas que se modifican en ambientes sub aéreo, dañando lugares como extensiones agrícolas o derramamientos lávicos.

- Depósitos sedimentarios epiclásticos, derivados de los desmantelamientos de las rocas pre existentes (esencialmente las piroclásticas, las andesititas y las basálticas, anteriormente descritas), se han determinado la producción de fragmentos de varias dimensiones sucesivamente transportados y depositados.
- Raras intercalaciones de depósitos fluviales, lacustres o costeras, (así como cascajo, arena y lodos, hasta en diferentes grados de cementaciones) o de los productos eluviales (paleosuelos) que, así como los depósitos sedimentarios epiclásticos, sobre expuestos, han sido formados durante los períodos de quietud volcánica, comprendido entre una erupción y otra.

Una señal acerca de la parte mereciendo los surgimientos de rocas ígneas intrusivas, así como las granititas y las granodioritas, de la extremidad nor-occidental de El Salvador, que se han venido colocando interpuestas entre los terrenos de la formación de Morazán, y aquellos de la formación de Chalatenango.

Es sumamente necesario evidenciar que, reiteradamente horizontes eluviales (suelos actuales) a veces retocados (aglomerados), poderosos aun cuanto más, de una docena de metros y originándose, gracias a la existencia de un clima calido-húmedo favorable a los procesos pedogenéticos, recubiertos con cierta continuidad en todo el territorio salvadoreño.

Por lo concerniente a la tectónica, las investigaciones que se han ocupado de los estudios geológicos de El Salvador, han reconocido dos principales sistemas de fallas que, respectivamente han dado lugar a las fallas sintéticas orientadas en sentido NO-SE (Con relativa antitética NE-SO) y hacia la

directriz tectónica dispuesta E-O (con antitética N-S) tales sistemas que se han mostrado a través de una componente horizontal, están además principalmente responsabilizados de la presencia de grupos de surgimientos volcánicos, alineados seguidos de las trayectorias de los lineamientos tectónicos NO-SE, los que se deben a la existencia del graben, que caracteriza a los sectores medianos del país (altiplano central). De todos modos resulta significativo el hecho que muchas de estas fallas, presintiéndose siempre una elevada actividad, así como el resto de movimientos de levantamiento que arrastran sobre todo las zonas costeras más meridionales.

CUADRO MORFOLOGICO

Los datos geológicos, anteriormente expuestos, evidenciándose, de esta forma el hecho que El Salvador está situado en una región de alto grado de actividad volcánica, sísmica y consiguientemente tectónica.

Todos estos procesos han estado activos desde finales de la era mesozoica. En dichos casos, las rocas volcánicas formadas como consecuencia de las frecuentes erupciones y las deformaciones consiguientes a los procesos orogénicos, los cuales han determinado gradualmente, las emersiones de la región salvadoreña (terciario), con las particularidades de las edificaciones montañosas. Sucesivamente los eventos tectónicos distensivos han fragmentado dichas edificaciones, generando estructuras tectónicas de los tipos Horst y Graben.

Hacia el frente de esta situación, se observa la manera como los controles que han operado, sobre los factores estructurales les habían decididamente condicionado los desarrollos de las formas del relieve.

Preponderante resulta de hecho, la congruencia entre la morfología en grande y de las estructuras en grande, en el sentido que la trayectoria orográfica y la altitud reflejada en forma directa en la tectónica de congruencia de El Salvador, así como el resto de toda el área tectónicamente activa, presenta situaciones modelo de forma tectónica específica.

Complejamente, la configuración geomorfológico resulta señalada por la presencia de altos y bajos morfológicos , correspondientes a los altos y bajos estructurales, los principales relieves, resultando de hecho, impuestos en correspondencia con los sistemas o relieves volcánicos y de estructuras del tipo Horst (cordillera) mientras las grandes depresiones, han coincidido con cuencas de entre-arco (altiplano central) o con grandes calderas, cráteres y maare, frecuentes asientos de espejos lacustres. Están del mismo modo presentes en escarpadas y grandes vertientes de fallas, reconducibles hacia movimientos tectónicos de los tipos block-faulting.

De todas maneras, la actividad de los agentes exógenos, que como fuere, han contribuido al diseño de las vertientes, como en cualquier caso, han determinado además, los fenómenos de inversiones en el relieve, el cual es observable, pero únicamente a gran escala.

En el área investigada, han estado cotejándose 4 diferentes sectores, caracterizados por una diversa evolución morfológica:

- a) El área de las cordilleras, están más genéricamente, compuestas por los surgimientos piroclásticos, constituidos de combinaciones de cenizas y lapidaciones altamente corrosivas, fuertemente incididas

por corrientes de agua afectadas por difusos desprendimientos de tierra, que han consentido el origen de medios muy articulados.

- b) El sector de la colación lávicas y de los derramamientos efusivos, están contramarcados por surgimientos basálticos, o andesíticos menos corrosivos, con presencia de vertientes poco incisas y tenuemente inclinadas, dominadas esencialmente por procesos de alteración química;
- c) Los medios en los cuales han brotado los volcanes activos, son indicadores de la existencia de relieves cónicos, a veces alineados con depresiones mas o menos grandes (calderas, cráteres, maare);
- d) La región constituida por las planicies costeras, son las grandes llanura aluvionales, las cuales son afectadas por divagaciones e inundaciones fluviales que en el tiempo, han recibido como resultado, la deposición de potentes acumulaciones, aluvionales, lacustres o deltáicas.

Acerca de la edificaciones volcánicas bien particulares en las áreas afectadas, preponderantemente por procesos de erosiones/sedimentaciones puramente marinas (sectores costeros) o fluviales (llanura aluvionales), la evolución geomorfológico de El Salvador, ha estado condicionada por los eventos volcánicos y tectónicos que muchas reiteraciones han afectado al país.

La erupciones volcánicas, han de hecho contribuido a colmar antiguas hondonadas y dando lugar así largas extensiones agrícolas, constituidas de rocas piroclásticas y efusivas.

Los graduales y generalizados fenómenos de elevamiento y los movimientos tectónicos de los tipo block-faulting, han sido verosímilmente

las causas que han procedido, en vez de una disminución de los niveles básicos de las erosiones, con la consiguiente iniciación de los procesos de incisiones y de erosiones regresivas de los cursos de las aguas. Siempre alrededor de estos procesos se han determinado la segmentación de las extensiones agrícolas, lávicas y piroclásticas, con formaciones de gargantas o profundas vallas hasta formar una V, han provocado consiguientemente un aumento de la energía del relieve, que han permitido el desarrollo de los fenómenos de desprendimientos de tierra.

PRINCIPALES TIPOLOGIAS DE LOS DERRUMBES COTEJADOS EN EL AREA.

Comúnmente con el termino de “derrumbes”, se vienen indicando aquellos fenómenos de caída o movimiento de masas rocosas o de materiales sueltos, profundos o superficiales, lentos o veloces debido en todos los casos a la fuerza de gravedad. En un derrumbe solamente es posible distinguir una zona de desapego, una zona de movimiento y una zona de acumulación, donde se concentran los materiales de derrumbamiento, con disposición frecuentemente caótica, que viene indicando con desacerado o escombros de derrumbes.

Los factores predisponentes más significativos de un derrumbe, están vinculados esencialmente a la naturaleza litológica de las rocas (detallando sobre todo básicamente el grado de cohesión) y a la eventual presencia de superficies de discontinuidad física interna de las mismas (son.: lisas, de fracturas, de fallas, de estratificaciones o de restos fósiles), en cuanto a la morfología de las vertientes (son.: ángulo de inclinación) y a la probable existencia de mantos acuíferos más o menos superficiales.

Las causas preparatorias pueden ser debidas por:

- 1) Procesos de excavación que se han practicado en la base de las vertientes, obrando por ejemplo, sobre una corriente de agua, con movimientos de índole ondulatorios o por efectos cuya causa son de origen antrópico;
- 2) Procesos de degradación de naturaleza metereológica, los cuales tienden a “desmenuzar” las rocas;
- 3) Liberación de las presiones que se verifican, por ejemplo en el caso del retiro de témpanos de hielo o en procesos seguidos de las exportaciones de materiales hacia la superficie;
- 4) Exportación subterránea de materiales o formaciones de cavidades que han sido ocasionadas, como por ejemplo, a causa de las disoluciones cárcicas;
- 5) Actividad de procesos morfogenéticos de varios tipos.

Desde todo punto de vista, en la mayor parte de los casos, los motivos que han determinado la iniciación de los derrumbes son siempre reconducibles por tres causas fundamentales:

- a) Eventos metereológicos (lluvias torrenciales, pero por sobre todo de forma excepcional (aluviones, huracanes);
- b) Sacudidas sísmicas;
- c) Actividades de índole antrópica.

Después de este breve examen de los procesos gravitatorios, a continuación se describen los análisis de los principales cuerpos que han manifestado actividad en cuanto a desprendimientos de tierra se refiere, en consecuencia de los sismos ocurridos durante enero/febrero 2001.

En mérito a la tipología de los movimientos, los derrumbes analizados de manera particular, durante los estudios efectuados se han clasificado fundamentalmente como:

- **SACUDIDAS.** Las cuales consisten en los desapegos improvisos de mazas o bloques rocosos hasta de vallas verticales, o muy escapados que se han expuesto prevalentemente, a corrientes de aire en las cuales predomina un movimiento formado por componentes verticales. Estos derrumbes frecuentemente ocurren a lo largo de escarpados desplomes, impuestos solamente sobre rocas coherentes, sobre todo siendo estas intensamente fracturadas o comúnmente provocando fisuras hasta en los sistemas superficiales de discontinuidad. Complejamente los fenómenos comprenden las caídas libres y los movimientos por brincos, rebotes y quebrantamiento de los fragmentos de rocas desprendidas.
- **DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES O RESBALAMIENTOS.** Acontecen prevalentemente en rocas pseudocoherentes o semicoherentes, en las cuales los movimientos se manifiestan a lo largo de una o más superficies de ruptura de neoformaciones, cuando la resistencia viene separada por cortes que se ocasionan en las rocas más extensas. Estas superficies presentan formas concavas, soportando la rotación de los terrenos con tendencia a derrumbes, en torno a un centro de rotación ubicado sobre sus respectivos centros de gravedad.
- **DESAGUES.** Son provocados por procesos de ablandamiento de rocas pseudocoherentes por obra del agua (que da lugar a una masa

fangosa de alta densidad) o arrastrando consigo terrenos sueltos, con movimiento resultante similar a aquellos constituidos por fluidos viscosos.

- **DERRUMBES COMPLEJOS** (escurrimientos/desagües). En estos casos los escombros de los desprendimientos de tierra derivados de procesos de escurrimientos o sacudimientos están implicados en movimientos de tipo colada.
- **TRANSPORTE EN MASA.** Se verifican a continuación de intensas precipitaciones meteorológicas, o por la presencia de aguas subterráneas o superficiales, que determinan la iniciación de movimientos de los tipos colada, de fangos o de mezclas de agua y fango.

Factores complejamente, son la causa y tipología de los movimientos, sin embargo han demostrado muchos elementos en común, y teniendo en cuenta que las causas iniciales están constituida por las sacudidas sísmicas, sin embargo se han producido resultados diferentes partiendo del contexto geológico-geomorfológico, en los cuales se han llevado a cabo los derrumbes.

AREA DE CORDILLERAS (Sectores montañosos con elevadas altitudes relativas)

Estas son las áreas que han presentado la mayor densidad de desprendimientos de tierra. Los movimientos que provocan los derrumbes, son preponderantemente de los tipos complejo. En particular, se tratan de fenómenos de sacudimientos o escurrimiento rotacional, los cuales han

acumulado sucesivamente, el haber sufrido procesos de desagües (ejemplo: deslizamientos de tierra de Santa Tecla).

Los factores que han favorecido el desarrollo de los cuerpos de derrumbes, se han constituido principalmente por las elevadas pendientes escarpadas de las vertientes, y por la presencia de una combinación de rocas (piroclásticas) en diferentes grados de cohesión (niveles sobre lapidificaciones y hasta cenizas). Estos derrumbes han desarreglado de hecho, escarpados desplomes más o menos grandes, y pendientes bastante inclinadas. A su vez, las elevadas pendientes de las vertientes se deben a partir de procesos de incisión producidos por erosiones laterales de las corrientes de agua (que han dado lugar a cuellos con escarpadas vallas, o hasta riveras de erosiones fluviales) hacia movimientos tectónicos (que han originado escarpados o vertientes de fallas) o hasta erupciones volcánicas (que han generado relieves volcánicas, cráteres o calderas con vertientes bastante inclinadas). En otros, casi se trata de escarpados artificiales, ligadas cerca de obras de desbancamiento llevados a cabo por el ser humano mismo.

La probable existencia de mantos acuíferos suspendidos al interior de los niveles piroclásticos más permeables (lapidificaciones) intrapoladas dentro de horizontes esencialmente impermeables (lapidificaciones) intrapoladas dentro de horizontes esencialmente impermeables (cenizas) al mismo tiempo se han manifestado en las rocas, fenómenos de aumento de las presiones neutras y del peso de volúmenes, disminuciones de los ángulos de reposo y atenuaciones de las trituraciones, contribuyendo del mismo modo al desarrollo de los movimientos en masa.

A estos factores acontece también añadir, la intensa obra de deforestación, que en el transcurrir del tiempo ha dejado al descubierto por completo vertientes de sus coberturas vegetales naturales, favoreciéndose así los procesos de arrollamiento difuso, de grandes incisiones fluviales y consecuentemente, de desprendimientos de tierra.

Es preciso hacer notar la presencia de poblaciones y de infraestructura, situadas aledañas a las pendientes muy inclinadas de la cordillera, o de los centros habitacionales ubicados al pie de escarpadas subverticales, concediendo a estas áreas condiciones de elevado riesgo de derrumbes.

ÁREAS COLINARIAS O CON VERTIENTES MODERADAMENTE ESCARPADAS (sectores con base de altitudes relativas).

Las configuraciones geomorfológicas de las áreas investigadas en el departamento de Sonsonate, están complejamente caracterizadas por pendientes débilmente inclinadas y moderadamente onduladas, debido esencialmente a la presencia de extensas colaciones lávicas cerca de composiciones basálticas o andesíticas.

En relación a la existencia de rocas coherentes y resistentes, de vertientes poco inclinadas, en esta área los movimientos de deslizamiento de tierra son menos difusos. Sin embargo se ha manifestado la presencia de escarpados o pendientes subverticales, debido a los procesos morfogenéticos anteriormente descritos se han dado fenómenos de sacudidas. En particular, ejemplo de estas tipologías de derrumbes se han estado observando en Armenia, y más genericamente, a lo largo de las escarpadas de erosiones fluviales de las corrientes de agua.

ANALISIS GEOMORFOLOGICO

Sobre la base de los datos obtenidos de las áreas investigadas en la República de El Salvador, ha presentado un elevado grado de peligrosidad/riesgo geomorfológico.

Hasta la parte comprendida por la extensa llanura aluvial o costera, están sujetas a la acción de procesos, así como inundaciones fluviales. La componente principal de estos tipos de peligrosidad son reconducibles a los movimientos de desprendimientos de tierra.

En particular, las condiciones de mayor peligrosidad se han evidenciado de tal manera que, las energías del relieve son bastante elevadas o bien en correspondencia de grandes escarpadas pendientes muy inclinadas, sobre todo se han impuesto en rocas piroclásticas constituidas de combinaciones de litología hasta con diferentes grados de cohesión.

Desde todo punto de vista, la evolución geomorfológica de esta área puede ser esquematizada con el siguiente modelo:

- a) Procesos orogénicos y de elevaciones que han determinado las imersiones del área mientras contemporáneamente se den episodios eruptivos, produciendo materiales volcánicos.
- b) Prosecución del fenómeno de elevación, que determina los procesos de incisión fluvial con aumento de la energía del relieve y creación de escarpadas vallas, en correspondencia mútua con cuellos fluviales o de vertientes grandemente inclinados, o de escarpadas y riberas de erosiones fluviales.

- c) Movimientos tectónicos tipo block-faulting que ellos a su vez han contribuido a aumentar la energía del relieve, originando escarpados vertientes de falla.
- d) Frecuente desarrollo de movimientos de desprendimientos de tierra de tipo sacudimientos (donde se han hecho presentes escarpados verticales o subverticales), escurrimiento (con tal que las verticales son un poco menos inclinadas) y desagües (cuando se han acumulado y macerados constituidos por materiales poco sementados, hacia disposiciones caóticas).

En todo caso las causas iniciales pueden ser, indudablemente recónditos a las sacudidas sísmicas, y además a los eventos de intensas lluvias y a las actividades de índole antrópico.

RELACION ILUSTRATIVA A LOS MAPAS DE LA PELIGROSIDAD POR MOVIMIENTOS DE MASA Y POR INUNDACIONES Y EROSIONES FLUVIALES DE LAS AREAS DE SONSONATE - ARMENIA.

Introducción:

La peligrosidad geomorfológica, expresa la probabilidad que en un período definido de tiempo y un área dada puede verificarse un determinado proceso morfogenético, el cual podría ser de más de carácter erosivo que deposicional. Esta constituye uno de los componentes de la peligrosidad geológica, que su vez comprende además la peligrosidad de tipo sísmico y volcánico ya que no tiene la vulnerabilidad de los acuíferos.

La peligrosidad geomorfológica está vinculada por condiciones de “inestabilidad” de áreas específicas reconducibles por procesos de tipos:

- ❖ Gravitacional (derrumbes, soliflusso, reptación y caída de escombros);

- ❖ Fluvial (erosiones del cauce de las aguas, inundaciones, aluvionamientos)
- ❖ Costeros (erosiones o avances de la costa)
- ❖ Weathering (degradación física o alteraciones químicas de las rocas);
- ❖ Deslavamiento (arrollamiento difuso o concentrado, transporte en masa);
- ❖ Eólico (deflación o deposición eólica);
- ❖ Glacial o periglacial (alud, crioclásticas, geliflujo)
- ❖ Cárcico (subsistencia por sacudimientos de la bóveda de cavidad cárcicas subterráneas o por disolución química);
- ❖ Antrópico (erosión acelerada del suelo, subsidencia causada por extracciones del subsuelo de materiales sólidos, líquidos o gaseosos, o bien al estremecimiento de cavidades subterráneas de forma artificial).

En particular la consecuencia ligada a los aspectos antrópicos, así mismo la presencia de métodos y obras artificiales, o los efectos de las actividades practicadas por la especie humana, son también causas de los procesos de contaminación de la atmósfera, de la hidrosfera, de la litosfera y de la biosfera; así como también de fenómenos de degradación del medio ambiente, los cuales afectan por igual muchos otros sectores de la peligrosidad y del riesgo ambiental. Es entonces de suma importancia, que con el término de áreas “inestables”, se entiende por aquellas zonas que en condiciones de desequilibrio o de equilibrio precario, que tendiendo a modificaciones por conseguir una “estabilidad” relativa (es.: vertientes bastante escarpadas que, sujetas a procesos de degradación, hasta deslizamientos de tierra, o a otros fenómenos de descubrimiento, por los cuales la tendencia es asumir una menor inclinación). Es claro que las modificaciones del relieve pueden constituir condiciones de peligros, y

posiblemente también de riesgo ambiental, si la zona en observación presenta características de vulnerabilidad.

En mérito de los aspectos del área de Sonsonate-Armenia y las condiciones de peligrosidad geomorfológicas, se ha efectuado el reconocimiento de éstas, que han estado esencialmente reconducidas a los siguientes procesos de carácter gravitacional y fluviales:

- ❑ Derrumbes.
- ❑ Degradación por acción meteorológica y caída de escombros.
- ❑ Transporte de masa.
- ❑ Erosión fluvial del tipo lineal y/o colateral.
- ❑ Aluviones e inundaciones.

Los tres primeros componentes están representados en un mapa de la peligrosidad de derrumbe, los restantes, en un mapa referente a la peligrosidad de inundación y de erosión fluvial.

Relativamente a los fenómenos gravitacionales, resulta evidente que, en el área investigadora, la condición de peligrosidad de derrumbes es de mucha relevancia debido a la frecuencia con que los eventos sísmicos y volcánicos que, repetidamente se han evidenciado, y continuamente todavía se manifiestan en el territorio salvadoreño.

MAPA DE LA PELIGROSIDAD GEOMORFOLOGICA

Generalmente para elaboración de un mapa de la peligrosidad geomorfológica, es sumamente necesario tomar en consideración aspectos diferentes de un área determinada, que en la cual se han constituido los

factores o las causas de la inestabilidad geomorfológica, las cuales se muestran a manera de ejemplo:

- ◊ El ordenamiento geológico-estructural.
- ◊ Las características geotécnicas de los terrenos que afloran o subafloran;
- ◊ La presencia de materiales de cobertura eluviales o aglomeraciones lodosas;
- ◊ La configuración geomorfológica y la forma del relieve actual;
- ◊ Los procesos morfodinámicos activos;
- ◊ Las características climáticas y los aspectos vegetacionales;
- ◊ Las características hidrológicas e hidrogeológicas;
- ◊ Las actividades antrópicas existentes.

Obteniéndose, por todo lo arriba expuesto, la ineludible necesidad de llevar a cabo la elaboración de mapas, cuya temática sea seleccionada, relativamente a los procesos de desordenamiento efectivamente presentes en un área, cada uno de los cuales están relacionados a un determinado factor o a una causa bien definida, la que determina condiciones de inestabilidad.

La evaluación final de la peligrosidad geomorfológica se podría obtener, de tal modo que, integrándose sintetizadamente, la elaboración de la producción cartográfica. En mérito a los estudios efectuados en el área de Sonsonate-Armenia, y considerando que la peligrosidad morfológica son esencialmente reconducibles, hacia procesos de los tipos gravitacionales y fluviales, los factores que es preciso evaluar con la finalidad de definir mejor las condiciones de peligrosidad geomorfológica, se detallan a continuación:

- a) Estructura geológica (entendiéndose como naturaleza litológica de los cuerpos rocosos, así como la presencia de superficies de discontinuidad);
- b) Geometría de las vertientes.
- c) Procesos geomórficos activos.

Los análisis integrados de estos elementos, han consentido la definición de las diferentes condiciones de peligrosidad geomorfológica del área investigada. Complejamente los datos obtenidos se han sintetizado en las siguientes elaboraciones de material cartográfico.

- Mapa de las formas fluviales y de las vertientes.
- Mapa de la peligrosidad de movimientos de masa.
- Mapa de la peligrosidad de inundaciones y de erosiones fluviales.

ANALISIS DEL ESCARPADO.

A través de los análisis de las incidencias hidrogeológicas que afectan a el área estudiada, se han tomado en consideración 5 clases de pendientes, distribuidas de la siguiente forma:

- 1) 0° - 5°
- 2) 5° - 15°
- 3) 15° - 25°
- 4) 25° - 50°
- 5) 50° - 90°

Estos valores se han seleccionado en función de la peligrosidad de deslizamientos de tierra, y de inundaciones. Claramente las primeras dos clases se ubican, hacia valores situados en las proximidades de alveos fluviales, comprendiendo áreas potencialmente inundables, las cuales son intensamente afectadas por los desprendimientos de tierra.

En virtud de los movimientos de masas, las condiciones de peligrosidad se manifiestan mayormente, en aquellas áreas constituidas por pendientes mucho más pronunciadas. En particular el análisis de los procesos gravitacionales, han evidenciado que las áreas más afectadas por movimientos de deslizamientos de tierra, han recaído en la clase 4, y sobre todo en la clase 5, las cuales coincidente y esencialmente, están compuestas de rocas piroclásticas, caracterizadas por ángulos agudos de contricción interna.

MAPA DE LAS FORMAS FLUVIALES Y DE LAS VERTIENTES

Esta elaboración deberá constituirse, de un mapa cuya temática geomorfológica, tendrá que realizarse en función de el mapa de la peligrosidad por movimientos de masa y de inundaciones y erosiones fluviales, representándose las principales formas del relieve, reconducibles hacia procesos de vinculación con las vertientes y fluviales. Dichos mapas deberán ir más allá de la interpretación genética, de las formas del relieve, que dicho sea de paso se han reservado los procesos que han producido degradación y devastación. Por ejemplo, en el caso de las grandes vertientes y de las pendientes escarpadas; de fallas que han dividido los sectores montañosos de la cordillera del bálsamo, y el área de las subllanuras, preferentemente se reportan los parámetros relativos a los fenómenos que han contribuido a la degradación (derrumbes, caída de

escombros, arroyamiento, etc.) respecto, a todo lo relacionado a los procesos de donde proviene la determinación de los orígenes; formando bóvedas de los derrumbes, activos o inactivos, los que han estado reconocidos, coincidiendo con el borde de las vertientes y de las pendientes escarpadas a manera de controles estructurales.

Desde cualquier marco de referencia, es imprescindible poner en marcha campañas, así como también los análisis aerofotogramétricos, haciéndose posible a través de dichos métodos el reconocer las diferentes morfología de las vertientes y fluviales, las cuales han estado ulteriormente distintas, en forma de erosiones, o de acumulaciones activas o inactivas.

MAPA DE LA PELIGROSIDAD DE MOVIMIENTOS DE MASAS.

Se trata de un mapa obtenido del análisis de los datos geológicos y geomorfológicos, integrados a partir de las relaciones encontradas de las evaluaciones efectuadas al interior de la escarpadura de las vertientes, y procesos de desastre por desprendimientos de tierra.

Para la realización de estos se está transmitiendo la vital importancia de tomar en cuenta, los estudios llevados a cabo sobre los deslizamientos de tierra acontecidos en aquellas áreas de la cordillera del bálsamo (departamento de La Libertad) mas cercanas al epicentro del terremoto del 13 de enero. Estas áreas han estado de hecho, bajo los efectos destructivos por gran cantidad de movimientos que provocaron derrumbes (aproximadamente unos 200), a consecuencia de tales sacudidas sísmicas. Considerando que el sector investigado del departamento de Sonsonate, presenta análogamente estratificaciones geológicas-estructurales, y además similitud en las configuraciones geomorfológicos, en relación a las áreas

evaluadas del departamento de La Libertad, se desprende de ello la hipótesis en la cual si se llegara a verificar, un evento sísmico cuyo epicentro fuera en las proximidades al sector investigado de Sonsonate, acontecería el consiguiente impacto nefasto, verosímilmente igual a aquellos que se han verificado en el área afectada por los últimos movimientos telúricos.

Teniendo muy en cuenta estas consideraciones, así como de la topografía en su extensión y de la totalidad de los datos geológicos S.L. obtenidos mediante el mapa de la peligrosidad de movimientos de masas y las diferentes clases de peligrosidad, han estado del mismo modo caracterizados en sus respectivas manifestaciones más severas, o bien considerando las condiciones naturales más adversas, sin embargo también en este esquema se prevén características de excepcionalidad, y si se tiene en cuenta que los períodos de retorno de los eventos catastróficos (como por ejemplo: sismos, aluviones y huracanes) son relativamente breves, es entonces evidente que por criterios adoptados, la probabilidad de ocurrencia es muy alta, por ello se asumen simultáneamente condiciones de absoluta seguridad.

Particularmente en el mapa referente a los movimientos de masa, se han clasificado 5 clases importantes, cada una de las cuales, se han caracterizado por un grado bien definido de peligrosidad acerca de derrumbes, y a la introspección de las mismas, se ha puesto en marcha una ulterior subdivisión determinada por los diferentes ordenamientos geomorfológicos y del grado de actividad de los procesos morfodinámicos de tipo gravitacional. En el cuadro 1 se han reportado las 5 principales clases en forma individual, con sus respectivos grados de peligrosidad, y las posteriores subdivisiones particulares.

Clase y grado de peligrosidad de derrumbe.	Subclases (con grado de peligrosidad decreciente relativo a la tendencia)
Clase I Peligrosidad muy elevada.	a) área caracterizada por cuerpos de derrumbes recientes y por marcada inestabilidad de las vertientes. b) Área expuesta al peligro de derrumbe o de caída de escombros o de la inminente posibilidad de movimientos de masa, o afectada por alteraciones superficiales y de erosiones fluviales al pie de la misma. c) Área excesivamente escarpada con ausencia de deterioros superficiales.
Clase II Peligrosidad elevada.	a) área de bordes prospectivos , una pared o una vertiente muy inclinada (escarpada o vertiente rocosa, frente de cueva o escarpadas artificiales de igual manera); área de cresta de la cima del relieve, aislada o dorsalmente.

	b) Área de vertientes medianamente inclinadas. c) Área cercana al valle de una zona al pie de la montaña con acumulación de escombros o al pie de una pendiente excesivamente inclinada. d) Área caracterizada por cuerpos de derrumbes en reposo.
Clase III Peligrosidad media.	Área de vertiente con inclinación media-baja, con ausencia de deterioros superficiales.
Clase IV Peligrosidad baja.	Área levemente o poco inclinada.
Clase V Peligrosidad nula.	Área de planicies o llanuras.

Cuadro I. Clase de peligrosidad por movimientos de masas clasificados por el área estudiada.

Clase I. Área con condición de peligrosidad muy elevada.

Esta clase aparece marcada por la presencia de situaciones de desprendimientos de tierra, activos o en fase insipiente, que en ocasiones de eventos particulares (tales como sacudidas sísmicas, lluvia intensa y concentrada en el arco por breve tiempo, desbancamientos que afectan sensiblemente las vertientes debido a la realización de obras vinculadas a las actividades inherentes al ser humano, las cuales pueden impulsar movilizaciones de cuerpos propios a los derrumbes. En todo caso la marcada condición de inestabilidad de las vertientes, o la elevada probabilidad que en esta área se efectúen investiduras de las

acumulaciones reconducibles por procesos de descubrimiento, por todo lo anterior se les ha conferido a las zonas analizadas un grado de peligrosidad muy elevado.

- a) Área caracterizada por cuerpos de derrumbes recientes y por marcada inestabilidad de las vertientes.- Se trata de zonas de desnudamiento activo, o de áreas en las cuales se han ido conservando acumulaciones producidas por fenómenos de deslizamientos de tierras del tipo escurrimiento – desagües o sacudidas todavía activas. Retornando en esta subdivisión también al área conoide de escombros de deyección y aluvional, donde se han estado acumulando grandes cantidades de fragmentos rocosos, voluminosamente, y en fin, vinculados respectivamente por intensos procesos de degradación/caída de escombros o por fenómenos de deslavamiento, transporte en masa o aluvionamiento.
- b) Área expuesta al peligro de derrumbes o de caída de escombros, o de la inminente posibilidad de movimientos de masas, o afectada por alteraciones superficiales y de erosiones fluviales al pie de la misma.

Perteneciendo a esta subdivisión, en las áreas las cuales se presentan zonas de desapego, todavía aún activas (generalmente escarpadas, bóveda o simplemente coronamientos de derrumbe, y a veces también más amplias superficies de desapego desnudadas) originándose seguidamente hasta movimientos de deslizamientos de tierra, del tipo escurrimiento-desagües o sacudidas cuyos acumulamientos han estado parcial o totalmente desmantelados, sobre todo por obra de las aguas deslavantes. Generalmente dichos movimientos en masa han deteriorado vertientes bastante inclinadas, que han estado determinadas por movimientos tectónicos (vertientes de falla) o erosiones laterales de las corrientes de agua (escarpada y ribera de

erosiones fluviales) o incisiones de naturaleza fluvial (pendientes bastante inclinadas de profundas vallas con formas de V) en estas últimas dos, casi se encuentra elaborada una ulterior subclase (área b') por individualizar el agente geomórfico (cursos del agua) causa de las condiciones de inestabilidad. Transmitiéndose del área de riesgo inminente a la zona de desapego, presentándose también dichas condiciones de peligrosidad muy altas en cuanto a que estas se presentan sujetas a las acumulaciones de escombros, provenientes de las pendientes bajo control. Tales condiciones de peligrosidad aún se mantienen de maneras tan elevadas, porque los procesos que generaron inestabilidad muestran todavía un alto grado de actividad, por excavaciones al pie de las vertientes (por erosión fluvial) o degradandola en aquellas porciones medianas o superiores (por fenómenos del tipo weathering). Es necesario hacer mención que esta área es la faja en la cual se presenta depósitos de las vertientes, que están sujetas también por procesos de arroyamiento difusos, los cuales son particularmente intensos, por la elevada inclinación que poseen las pendientes, que se verifican posteriormente de intensas precipitaciones metereológicas, y que se ven afectadas acentuadamente por la ausencia de cobertura vegetal (deforestación).

c) Área excesivamente escarpada, con ausencia de deterioro superficial.

Retomando en esta subclasificación a las zonas de vertiente marcados por grandes inclinaciones, así como por las áreas descritas anteriormente, en las cuales no han estado reconocidos movimientos de deslizamientos de tierra de magnitud considerable. Sin embargo, la configuración topográfica guarda analogía con aquellas pendientes pertenecientes a la sub división b, existiendo la muy elevada probabilidad que se desarrollen los fenómenos de derrumbes.

Clase II. Áreas de peligrosidad elevada.

Alrededor de esta clase se han hecho referencia a las áreas situadas en la proximidades de montañas o a los valles de las zonas parcial o totalmente descubiertas, las vertientes deterioradas por cuerpos de derrumbes, en estado de reposo, así mismo la sumidad de relieves aislados y con crestas. Se trata de áreas con un grado de peligrosidad medianamente muy grande, más en común, ligeramente inferiores en relación a aquellas ubicadas en la clase precedente.

- a) Área de borde prospectivo, una pared o un vertiente muy inclinado (escarpado o vertiente rocoso, frente de cueva de manera artificial); área de cresta, en la cima del relieve aislado o dorsalmente.

Se trata de áreas situadas a lo largo de pendientes próximas la cima de los relieves de la sumidad, también en las llanura que se revierten de forma común e inmediatamente a las montañas de un cuerpo activo de derrumbes, o de otras zonas pertenecientes a la clase 1. La elevada peligrosidad de estas áreas, es debida a la alta probabilidad de que se verifiquen los atrasos que se somete la observación de los derrumbes, cuyos parámetros indicatorios son datos que detectan la presencia de agrietamiento de tracciones, hendiduras y peldaños que frecuentemente se manifiestan en dichos sectores. Transmitiendose el hecho de que además pertenecen a esta clase, las áreas de crestas en la cima de relieves aislados o dorsalmente. La peligrosidad medio-alta de estas últimas áreas es debida: 1) A causa de procesos de atrasos regresivos de las observaciones de derrumbes que verificándose la máxima vertiente de un relieve que tiende al deterioro y al adelgazamiento de la áreas sumidadas; 2) También se debe al hecho de que

durante un terremoto, en dichos sectores se verifica una amplificación de la intensidad sísmica, debido a fenómenos de concentración de las radiaciones sísmicas reflexivas. En consecuencia de la diversidad de ángulos de inclinación; desde el punto de vista de la inestabilidad tales amplificaciones pueden ser muy determinantes para dar el impulso inicial a los movimientos que generan los desprendimientos de tierra.

b) Áreas de vertiente medianamente inclinadas.

En esta sub clase se han comprendido todas aquellas áreas constituidas por vertientes medianamente inclinadas, en las cuales se ha hecho evidente, la difusión de morfología, típicamente inherentes a los derrumbes que al parecer manifiestan un cierto grado de actividad.

c) Área cercana al valle de una zona al pie de la montaña, con acumulación de escombros, o al pie de una pendiente excesivamente inclinada.

Se trata de áreas que por manifestar inestabilidad de la configuración morfológica que frecuentemente se denotan; tales como llanuras o terrenos levemente inclinados, ubicados en la inmediaciones de los valles, y que se presentan como fajas al pie de la montaña, identificándose por la presencia de depósitos de vertientes. En estos casos el respectivo valor de peligrosidad, corresponde al medio grado, el cual viene derivado del hecho que dichas zonas pueden ser alcanzadas por material derrumbado, a partir de las vertientes en observación, que consiguen inclusive superar la falda detrítica, o que finalmente sean transportados por las aguas deslavantes.

d) Área caracterizada por derrumbes en reposo.

Esta sub clase está caracterizada por zonas que han sufrido denudación o de acumulaciones reconducibles, hasta los movimientos que actualmente no están mostrando evidencia alguna de actividades recientes. Pero las cuales todavía están conservando, aún un alto grado de peligrosidad en cuanto a las causas de eventos meteorológicos críticos, o de intensas sacudidas sísmicas, lo cual podría provocar que de improviso puedan ser reactivados.

Clase III. Área de vertientes con inclinación media-baja y con ausencia de deterioros superficiales.

En esta sub clase se presentan vertientes con grados de peligrosidad relativamente moderada, contramarcadas por inclinaciones levemente pronunciadas y sin evidencias de movimientos de deslizamientos de tierra recientes.

Clase IV. Áreas con condiciones de peligrosidad baja.

El bajísimo índice de escarpado que se le ha conferido a las áreas pertenecientes a esta clase, las cuales por ello manifiestan condiciones de baja peligrosidad.

Área levemente o poco inclinada.

Se trata de áreas con grado de peligrosidad esencialmente omisible.

Clase V. Área con condición de peligrosidad muy baja.

Alrededor de esta clase pertenecen las áreas cuyos terrenos se presentan en forma de planicies, las cuales resultan ostentar la ausencia de factores que

generan los desprendimientos de tierra, pudiéndose retenciones casi estables.

Área en forma de planicie o llanura.

Se trata de áreas que no denotan peligros por derrumbe en cuanto a sus ordenamientos morfológicos, terrenos planos en forma de llanuras que no consienten de forma alguna, los gestión de los movimientos de masas.

CONSIDERACIONES SOBRE LA PELIGROSIDAD DE MOVIMIENTOS DE MASAS DE LAS ÁREAS INVESTIGADAS.

Los esquemas anteriormente expuestos han mostrado 5 grandes clases, en cada una de las cuales se han reflejado características relativas de las áreas con diferente condición de peligrosidad por derrumbe. Las áreas pertenecientes a los primeros dos grupos están simbolizados por un elevado grado de peligrosidad; las áreas de las clases III, IV y V se distinguen a veces por condiciones de peligrosidad, la cual va desde medio-baja hasta nula. Así mismo en cuanto al grado de peligrosidad se han efectuado evaluaciones, considerando posibles escenarios, en lo cuales su manifestaciones son más severas, con parámetros excepcionales obtenidos de dichos lugares, que sin embargo, aún se ha representado por períodos de retorno escasamente breves (en coincidencia de terremotos, huracanes, aluviones) para las futuras proyecciones es preciso tener en cuenta esta apreciada información, con el fin de evitar la utilización de las áreas comprendidas en las clases 1 y 2, en vez de ello haciéndose énfasis en

reorientar dicho uso hacia aquellas áreas pertenecientes a las últimas III clases (considerando también naturalmente las condiciones de peligrosidad por inundaciones o erosiones fluviales. Desde cualquier punto de vista resulta evidente que para ejecución de cualquier proyecto se deberá proceder primeramente con un estudio que refleje un mayor detalle (microzonificación), teniendo, en todo caso, tomar en cuenta la elevada situación de peligrosidad que se han expuesto en los casos, los cuales son representantes de situaciones extremas:

- Área situada en cuerpos de derrumbes activos (peligro de removimiento por derrumbamientos)
- Áreas proclives situadas al borde de una pared rocosa (peligro de sacudidas)
- Área situada en correspondencia con escombros de las vertientes (peligro que es debido a la escasez de material de características geotécnicas, ya que el poco material en disponibilidad ha sido recopilado producto de los desmantelamientos de las vertientes bajo observación, que tienden a investirse y a acumularse en estos sectores);
- Área situada en coincidencia de conoides de deyección o aluvionales (peligro de fenómenos de transporte de masas);
- Área excesivamente inclinada (peligro de iniciación de los movimientos de desprendimientos de tierra);

Naturalmente, por cada una de estas situaciones se ha previsto medidas en lo que respecta a posibilidades futuras poniéndose en práctica estudios dirigidos a gran escala, los cuales podrían ser evaluados en cada caso muy particularmente.

MAPA DE LA PELIGROSIDAD DE INUNDACIONES Y DE EROSIONES FLUVIALES.

También en este caso se trata de un mapa obtenido a través del respectivo trámite, la evaluación efectuada y de la información que allí fue recabada, de los análisis de la topografía de cada uno de los lugares, y así como también de la investigación geomorfológica.

Y según el grado de peligrosidad, también se están ventilando 5 grandes clases, las que se muestran de manera sintetizada en el cuadro 2:

Clase y grado de peligrosidad de los procesos fluviales.	Subclase
Clase I Peligrosidad muy elevada.	I a. – Curso de agua hacia una preponderante incisión lineal. I b. – Curso de agua hacia una preponderante erosión lateral. I c. – Área fácilmente inundable: lecho de inundaciones, conoide, aluvional o de deyección.
Clase II Peligrosidad elevada.	Área de loza aluvional inundable.
Clase III Peligrosidad media.	Área sujeta a procesos de arroyamiento preponderantemente concentrados.
Clase IV Peligrosidad baja.	Área de loza fluvial difícilmente inundable.
Clase V Peligrosidad Nula.	Área no sujeta a procesos fluviales.

Cuadro 2. Clases de peligrosidad de inundaciones y erosiones fluviales particularizados por el área estudiada.

Clase I. Área con condiciones de peligrosidad de inundaciones y de erosiones fluviales elevadas.

En esta clase vienen representadas por una parte las áreas de loza aluvional, que está constituidas por el hecho de facilidad de inundación, y por otra parte, los cauces de agua afectados por incisiones profundas, y aquellas en las cuales predomina la acción erosiva de los borde de manera particular; los procesos de profundización fluvial han contribuido al aumento de la energía del relieve y a un mayor incremento de la pendiente en las vertientes; por otro lado, si en un alveo delimitado por pendientes escarpadas prevalecen fenómenos de erosiones laterales, será en tal caso tomar una acción de excavación al pie de las vertientes. La resultante obtenida es que normalmente se llega a generar condiciones de inestabilidad en las pendientes,, las cuales posteriormente podrían provocar movimientos que produzcan desprendimientos de tierra.

I a – Cursos de agua hacia una preponderante incisión lineal.

Los alveos fluviales pertenecientes a esta clasificación, se caracterizan por intensos fenómenos erosivos, que dicho sea de paso, han soportado un ahondamiento del lecho fluvial, con la consiguiente iniciación de inundaciones que afectan en muchas ocasiones, extensas áreas de las cuencas hidrográficas.

I b – Cursos de agua hacia preponderantes erosiones laterales.

En este caso los procesos erosivos preponderantes, son aquellos que constan de erosiones laterales que podrían ser las portadoras de: a) La ruptura de las orilla y las consecuentes inundaciones de la áreas circundantes, en el caso que los cursos de agua atraviesen una loza aluvional; b) alrededor de procesos de excavaciones al pie de las vertientes, las cuales establecen determinadas condiciones de inestabilidad en ellas.

I c – Área fácilmente inundable: Lecho de inundaciones conoide aluvional o de deyección.

Se trata de aquellos sectores que son limítrofes a las corrientes de agua, son los que primero se afectan por las inundaciones, inmediatamente al acontecer un evento de inundación o crecida. A esta subclasificación pertenecen todas aquellas áreas de conoide aluvional o de deyección, donde las corrientes de agua puedan llegar a divagarse fácilmente, lo cual algunas veces provoca la iniciación de los fenómenos de transporte de masa. Desde cualquier punto de vista se trata de zonas que presentan condiciones de peligrosidad muy elevada.

Clase II. Área con condiciones de peligrosidad de inundaciones elevadas.

Los casos en los cuales una corriente de agua puede llegar a desbordarse, sigue un evento de inundación, abriendo una o muchas compuertas de desagüe de los diques, con la consiguiente zona limítrofe inundada; todo ello depende de dos factores: a) La existencia de extensas áreas en forma de planicies o llanuras (lozas aluvionales); b) Al verificarse las intensas precipitaciones meteorológicas, determinan un enorme incremento en la capacidad de los ríos.

Área de loza aluvional inundable.

En este caso el área potencialmente inundable, se halla a una distancia mucho mayor de los astos fluviales, hecho que asigna a esta zona un grado de peligrosidad, aún cuando todavía elevado, levemente inferior respecto a la zona del subgrupo precedente (I c).

Clase III. Área con condiciones de peligrosidad media de inundaciones.

En esta clase retomamos aquellas áreas que normalmente están sujetas por los fenómenos de deslavamiento más álgido, y solamente en coincidencia de huracanes o aluviones pueden estar sometidos a sufrir inundaciones.

Áreas sujetas a procesos de arroyamiento concentrado.

Se trata de zonas sometidas a la acción de procesos de arrollamiento concentrado, que en ocasiones de intensas precipitaciones, pueden dirigirse , y a través de aunamientos, formar verdaderas inundaciones.

Clase IV. Área con condiciones de peligrosidad de bajas inundaciones.

En esta clase están comprendidos los sectores de loza aluvial, difícilmente inundables que se regresan solamente hasta distancias y cantidades elevadas, con respecto a las posiciones de los actuales alveos fluviales.

Área de loza fluvial, difícilmente inundable.

Se trata de lozas fluviales, esencialmente terrazas que en casos excepcionales, y tomando en consideración sus configuraciones

morfológicas, en forma de planicies y llanuras, en cualquier momento podrían ser inundadas. Todavía por estas zonas se están rindiendo estudios necesarios, mayormente detallados con proyección a la caracterización individualizada de: a) Áreas puestas en cantidades o cuotas muy superiores, respecto al hondonal y/o hasta distancias considerables, b) Relieves aislados, c) Crestas de modestas dimensiones, d) Depresiones.

Las condiciones de peligrosidad, por cada una de estas situaciones, son prácticamente muy bajas o directamente nulas para los casos a) y b); bajo en el caso de c) y modesto por d).

Clase V. Área con condiciones de peligrosidad de inundaciones y de erosiones fluviales nulas.

Se trata de áreas que no se ven afectadas por procesos fluviales, y por consiguiente, no son peligrosas.

Consideración sobre la peligrosidad de inundación y de la erosión fluvial del área estudiada.

El dato obtenido evidencia la existencia de :

- a) Área caracterizada de presencia de cursos de agua con condición de peligrosidad muy elevada en los cuales prevalecen los procesos de erosión fluvial de tipo lineal o lateral.
- b) Zona de inundación plana y de inundación cónica o de eyección, un diferente grado de peligrosidad de inundación. (Muy elevado, elevado, medio, bajo).

El grado de peligrosidad atribuido a los estados deducidos de las observaciones de tipo geomorfológico y topográfico. Por una mejor definición de los valores de peligrosidad también en previsión de estudiar en mayor medida, debiéndose resumir esta información con datos que guardan aspectos climáticos de este sector (lluvia copiosa, precipitación crítica, temperatura). Con la finalidad de calcular parámetros representativos (períodos de ruptura, índice de erosión). Útil a la clasificación de valores críticos (umbral de riesgo) y con investigación de caracteres propios a la ingeniería hidráulica.