

PLAN DE DESARROLLO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

B. ESTUDIOS ESPECÍFICOS. 2. PREVENCIÓN DE RIESGOS

Quito, agosto 2002

Tabla de Contenido

	Pág.
1 INTRODUCCION	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	1
1.3 MARCO CONCEPTUAL	1
1.4 METODOLOGÍA	2
1.5 ALCANCE	2
2 CARTOGRAFÍA TEMÁTICA BÁSICA	2
2.1 MAPA DE ZONAS INESTABLES	2
2.2 MAPA DE AMENAZAS POR MOVIMIENTO DE TERRENOS INESTABLES	3
2.3 MAPA DE AMENAZAS SISMOTECTÓNICAS	13
2.4 MAPA DE AMENAZAS VOLCÁNICAS	13
2.5 MAPA DE VULNERABILIDAD GEODINÁMICA EN RELACION CON ASENTAMIENTOS POBLACIONALES	13
3 ANALISIS DE LAS AMENAZAS NATURALES	14
3.1 AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS.	14
3.2 AMENAZAS POR MOVIMIENTOS DE TERRENO	14
3.3 AMENAZA SÍSMICA	18
3.4 AMENAZAS VOLCÁNICAS.	29
4. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD FISICA	31
4.1 PREDISPOSICIÓN POR AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS	31
4.2 PREDISPOSICIÓN POR AMENAZAS DE MOVIMIENTOS DE TERRENO	32
4.3 PREDISPOSICIÓN POR AMENAZAS SISMOTECTONICAS	33
4.4 PREDISPOSICIÓN POR AMENAZAS VOLCÁNICAS	33
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
5.1 Políticas de gestión del riesgo	36
6. BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS.	42
ANEXO 1 MAPA DE ZONAS INESTABLES (adjunto)	42
ANEXO 2 MAPA DE AMENAZAS POR MOVIMIENTO DE TERRENOS INESTABLES (adjunto)	42
ANEXO 3 MAPA DE AMENAZAS SISMOTECTONICAS (adjunto)	42
ANEXO 4 MAPA DE AMENAZAS VOLCANICAS (adjunto)	42
ANEXO 5 MAPA DE VULNERABILIDAD GEODINÁMICA EN RELACIÓN CON ASENTAMIENTOS POBLACIONALES (adjunto)	42
ANEXO 6 : TERMINOLOGÍA TEMÁTICA BÁSICA DE GESTIÓN DE RIESGO.	42
ANEXO 7 : HISTORIAL DE DESASTRES	45
ANEXO 8 : HIPOCENTROS DE EVENTOS REGISTRADOS EL ULTIMO SIGLO	50

Antecedentes

La Oficina de Planificación de la Presidencia de la República (ODEPLAN), conforme al mandato de la Constitución Política del Estado, es la institución responsable de estructurar y coordinar el Sistema Nacional de Planificación, el mismo que debe ejecutarse de manera descentralizada y participativa.

La Provincia de Chimborazo fue seleccionada como experiencia piloto para desarrollar el plan de desarrollo provincial enmarcado en las disposiciones establecidas en el Decreto # 1133, de fecha 17/01/2001, mediante el cual se establece el Sistema Nacional de Planificación y el subsistema de planificación provincial.

Como parte de este proceso, la ODEPLAN y el Banco Interamericano de Desarrollo acordaron incluir en la cartera de proyectos a realizarse con fondos del Programa Multisectorial de Preinversión –PMP– financiado con recursos del Préstamo BID 919/SF–EC, la “Formulación Participativa y Descentralizada del Plan de Desarrollo de Chimborazo”, proyecto que se ejecutó bajo la fiscalización, supervisión, evaluación y aceptación de los estudios por parte de la Oficina de Planificación de la Presidencia de la República, así como con la participación del Consejo Provincial de Chimborazo en la supervisión y coordinación de acciones.

En este contexto, se suscribió el Contrato de Consultoría entre el señor Vicepresidente Constitucional de la República, en calidad de Director General de Planificación, y DYA-Proyectos Cía. Ltda. con el propósito de diseñar el Plan de Desarrollo de la Provincia de Chimborazo.

El presente documento contiene el estudio de amenazas, riesgos y criterios básicos para la gestión de prevención en la provincia de Chimborazo, fundamentados en procesos metodológicos del Programa Regional de Promoción y Mitigación de Riesgos PREANDINO cuya documentación se incorporara a dicho programa a fin de que a futuro se incorporen medidas de prevención y mitigación de riesgos en zonas de mayor amenaza.

1 INTRODUCCION

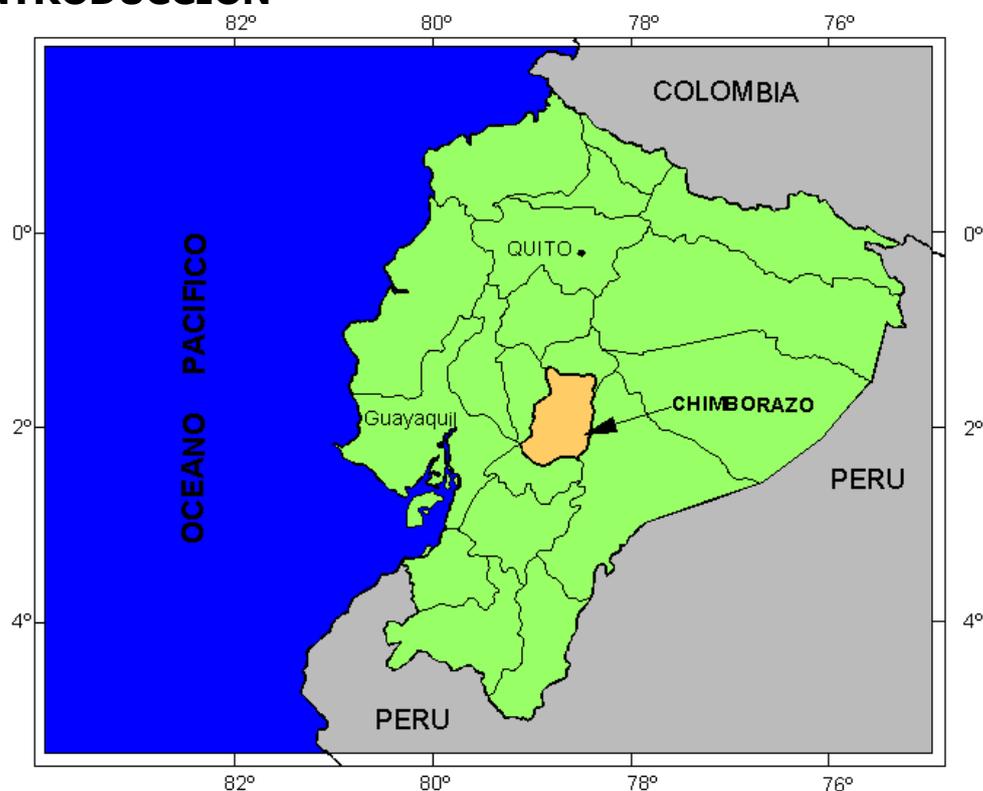


Figura 01. Ubicación geográfica de la Provincia del Chimborazo

1.1 OBJETIVO GENERAL

El presente trabajo pretende contribuir al Plan de Desarrollo Provincial de Chimborazo, generando información temática actualizada referente a los diferentes aspectos de las amenazas naturales, como un instrumento técnico de planificación y gestión para la toma de decisiones con miras a minimizar los impactos en la Provincia del Chimborazo

1.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Los objetivos del estudio estuvieron encaminados a realizar un primer diagnóstico de las amenazas (peligrosidad) originadas por eventos naturales. Procediendo a la clasificación y evaluación de las amenazas (peligrosidad).
- Zonificar las amenazas naturales y antrópicas, basándose en cartografía digitalizada mediante SIG compatible al Programa Arc View de INFOPLAN.

1.3 MARCO CONCEPTUAL

- La base del estudio parte de un análisis e identificación de unidades homogéneas con respecto al comportamiento de los fenómenos naturales, que al interior de espacios geográficos, pueden ser consideradas como relativamente constantes.
- Los aspectos considerados para definir estas unidades homogéneas, están relacionados con la litología, pendiente del terreno, uso del suelo, amenazas naturales y elementos en riesgo. La integración de variables, se fundamentó en modelos conceptuales, previo

análisis, validación, sistematización y homogenización de la información cartográfica básica y temática.

1.4 METODOLOGÍA

PROCESOS DE FORMULACIÓN

- Levantamiento de mapas temáticos de gestión de riesgos, desarrollado en un proceso de inventario de las amenazas naturales y antrópicas que puedan afectar al ámbito de la Provincia de Chimborazo.
- Análisis de las condiciones determinantes de peligrosidad en el ámbito geológico y topográfico, utilizando mapas y modelo digital de elevación, geomorfología, geología, hidrología, uso del suelo.
- Con la información digitalizada generada en las etapas anteriores mediante el uso de un SIG (Sistema de Información Geográfica) se elaboraron cada uno de los mapas.

TÉCNICAS

- *Fotointerpretación*, con la cual se determinaron evidencias morfológicas de los diferentes fenómenos geológicos con la ayuda de documentos fotográficos (fotos aéreas e imágenes satelitales) obtenidos por teledetección.
- *Estadística*, sirvió para obtener parámetros que permitieron interpretar las tendencias y modelos de distribución y sistemas de pronósticos.
- *Mapeo*, mediante esta técnica se realizaron observaciones y verificaciones de los datos obtenidos en la fotointerpretación, básicamente de los eventos geodinámicos que afectan a varios sectores de la Provincia de Chimborazo.
- *Manejo digital de datos, uso de SIG*: Se utilizó el sistema de información geográfica Arc View 3.2 el cual permitió ingresar, almacenar, recuperar, manipular y obtener datos referenciados geográficamente, así como también una retroalimentación de datos.
- *Encuesta*, durante el trabajo de campo se efectuó un banco de preguntas para ser consultadas a la población, cuyos resultados se indican en el Anexo 8.

1.5 ALCANCE

El presente trabajo pretendió satisfacer las expectativas de generar información de base, que fuera útil y de fácil manejo, sin embargo su ejecución se vio limitada por el factor tiempo, debiendo ser retroalimentada de datos y complementada en el futuro.

2 CARTOGRAFÍA TEMÁTICA BÁSICA

2.1 MAPA DE ZONAS INESTABLES

En el presente estudio se ha realizado una recopilación de la información de los fenómenos geodinámicos que han afectado a la Provincia de Chimborazo entre los años 1993 y 2002. Para ello se ha tomado información de la prensa escrita local y nacional, así como también información proporcionada por la Defensa Civil de Chimborazo. Toda ésta información se encuentra dentro de una base de datos en el Anexo No. 7.

Análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales sirvieron para la determinación de la distribución espacial de todo tipo de fenómenos naturales y de las zonas de mayor concentración de elementos en riesgo. Fueron analizadas las cuencas de los ríos Chambo, Chanchán y Pangor.

2.1.1 Criterios para la identificación de deslizamientos

En las fotos aéreas, las áreas inestables son de fácil identificación por las evidencias expuestas que se indican a continuación:

La forma de la zona inestable contrasta con las vertientes circundantes, generalmente forma una herradura cóncava hacia dentro cuando el movimiento ya se produjo, exponiéndose la corona con sus cicatrices y la zona de acumulación en forma de bulbo. En el caso de áreas en proceso de inestabilización, estas se presentan abultadas en contraste con las superficies armónicas del paisaje. La reflectancia del terreno en las zonas removidas aumenta significativamente, debiendo discriminarlos diferenciándolos de los cortes artificiales y rellenos. La tonalidad en los procesos activos es muy clara contrastando con las áreas adyacentes. En cambio en los sitios de potencial peligro, el tono aumenta debido al proceso de hidratación de los materiales. El factor de textura cambia tornándose más liza, con exposición de las líneas de flujo del movimiento.

Generalmente existe un mal drenaje, el mismo que mejora con la ejecución del deslizamiento, porque generalmente aparece un nuevo drenaje por el cuerpo del movimiento.

Trabajos de campo por el sector Occidental de la Provincia fueron el complemento para la elaboración del documento cartográfico, que contiene una base de datos actualizada sobre los eventos relacionados con catástrofes naturales o antrópicas sucedidas en la Provincia del Chimborazo; los diferentes fenómenos fueron definidos en base a características geológicas, morfológicas e hidrogeológicas.

Toda la información recopilada fue analizada e ingresada en un SIG para ser procesada, dando como resultado un Mapa de Inventarios. Esta información servirá de base también para la calibración de los Mapas descritos posteriormente.

2.2 MAPA DE AMENAZAS POR MOVIMIENTO DE TERRENOS INESTABLES

En la realización de este trabajo se ha tomado en consideración parámetros como las características litológicas, el uso de suelos, los valores de pendientes y el factor tectónico, los cuales ayudan a calificar la susceptibilidad de los diferentes terrenos. Los parámetros han sido evaluados independientemente y combinados en función de su grado de incidencia dentro de las causas que condicionan un fenómeno de inestabilidad de terreno.

2.2.1 Factor Litológico

Este es probablemente, el factor más relevante y al mismo tiempo el más difícil de evaluar, en este trabajo debido a que no se dispuso de una buena información a detalle de parámetros geotécnicos de las rocas aflorantes en el área de estudio, sin embargo se ha tratado de dar una calificación considerando parámetros como petrografía, consolidación de la roca, grado y tipo de meteorización, presencia de fracturas y/o estructuras tectónicas, permeabilidad, etc.

En la siguiente tabla se presenta una clasificación de las diferentes litologías y ponderaciones de sus susceptibilidades.

LITOLOGIA	FACTOR
Aluviales compactos permeables, calizas permeables, basaltos, ignimbritas, gneis, bajo grado de exposición al ambiente, alta resistencia al corte	1
Rocas sedimentarias masivas, mayor interperismo de las rocas citadas en el primer grupo. Menor resistencia al corte, presencia de fracturas.	2
Rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas considerablemente expuestas al ambiente, terrenos regolíticos compactos, importante fracturamiento, fluctuaciones de agua.	3
Rocas fuertemente fracturadas y considerablemente expuestas al medio ambiente, alteraciones hidrotermales. Piroclastos y capas fluvio- lacustres no consolidados.	4
Rocas extremadamente alteradas; aluviales, coluviales y sólidos residuales con baja resistencia a la cizalla.	5

Tabla 1. Clasificaciones litológicas. (adaptado de Mora & Vahrson, 1994)

Los resultados de la clasificación litológica, según la influencia que tendrían en un área condicionada a un fenómeno de movimientos en masa, se encuentran a continuación:

UNIDAD LITOLÓGICA		Peso
Unidad Alao	Rocas verdes meta-basálticas y meta-andesíticas	3
Unidad EL Pan	Esquistos pelíticos y grafiticos, esquistos verdes	3
Unidad Maguazo	Meta-turbiditas, meta -andesitas, mármoles y chets	3
Unidad Peltetec	Melange tectónico con sedimentos oceánicos chertosos, basaltos, serpentinitas y g	3
Unidad Cebadas	Pizarras negras y menormente cuarcitas	3
Unidad Guasuntos	Pizarras negras y menor cantidad de cuarcitas	3
Unidad Punín	Cuarcitas con algo de lutitas negras	3
Unidad Pallatanga	Lavas basálticas en almohadillas, masivas, raramente gabros	2
Unidad Yunguilla	Limolitas laminadas, lutitas físisles y areniscas finas	4
Formación Cisarán	Areniscas tobáceas, cantidades menores de limolitas, brechas detríticas y tobas	3
Formación Tarqui	Tobas ácidas, blancas a rojas; algunos sectores tobas caolinitizadas, muy meteorizadas	4
Grupo Zumbagua	Areniscas de grano grueso y brechas detríticas, tobas ácidas a intermedias y areniscas tobáceas	3
Grupo Saraguro (Unidad Puñay)	Lavas andesíticas con anfíbol, brechas, areniscas, limolitas y capas rojas	3
Volcánicos del Altar	Piroclastos y lavas intermedias a básicas	5
Lavas del Carihuairazo y lavas antiguas del Chimborazo	Andesitas Piroxénicas Porfiríticas	2
Terrazas	Grava y Arenas Seltas	5
Piroclásticos del Chimborazo	Flujos Piroclásticos	3
Alteración hidrotermal	Alteración hidrotermal	4
Grupo Angamarca (Formación Apagua)	Areniscas finogranulares, intercaladas con limolitas negras silicificadas y areniscas cuarcíferas	3
Grupo Angamarca (Unidad Angamarca Indif.)	Areniscas turbidíticas, limolitas negras y lutitas	3
Grupo Angamarca (Formación Gallo - Rumi)	Conglomerados, microconglomerados y areniscas guijarrosas cuarcíferas	3
Unidad Macuchi	Areniscas volcánicas, brechas andesíticas, tobas, hialoclastitas, microgabros	2
Sedimentos del río Chambo	Areniscas y Conglomerados	5
Formación Sicalpa	Piroclásticos, toba, lahares y lavas andesíticas	4
Volcánicos de Mulmul, Huilsa e Igualata	Material piroclástico y andesitas porfiríticas	4
Formación Pisayambo	Lavas y piroclásticos de composiciones intermedias a ácidas	3
Formación Yaruquíes	Areniscas finas a gruesas amarillas rojizas intercaladas con conglomerados	5
Formación Palmira	Sedimentos arcillosos e intercalaciones de estratos tobáceos	5
Formación Riobamba	Flujos de Lodo	5
Ceniza del Tungurahua	Cenizas finas a medias	5
Rocas Basálticas del Tungurahua, Puñalica y Calpi	Lavas Basálticas y Cenizas	1
Cangahua	Tobas meteorizadas de color café amarillento	2
Terraza	Grava y arenas sueltas	5
Derrumbes	Deslizamientos de masa y derrumbes	5
Depósito Aluvial	Grava y arenas sueltas	5
Depósito Glacial	Tilitas Brechosas	2
Grupo Saraguro (Unidad Saraguro Indiferenciada)	Rocas volcánicas subaéreas, calcoalcalinas, intermedias a ácidas	4
Grupo Saraguro (Formación Ocaña)	Tobas soldadas dacíticas a riodacíticas, brechas y sedimentos volcánicos retrabajados	4

Tabla 2. Calificación Litológica

2.2.2 Factor de Pendientes

Se estimó que uno de los parámetros más importantes para el desencadenamiento de fenómenos de inestabilidad, es el ángulo de inclinación de las laderas, por lo tanto se generó un mapa digital de pendientes basado en el mapa topográfico digital utilizando el Sistema de Información Geográfica Arc View 3.2.

Se realizó una clasificación de las pendientes evaluando el nivel de susceptibilidad, dándoles a cada uno un valor que se encuentra descrito en la tabla 3.

Rango	Peso
0° – 16°	1
16° – 28°	2
28° – 36°	3
36° – 45°	4
> 45°	5

Tabla 3 Clasificación de las pendientes

2.2.3 Factor Suelo

La clasificación del Suelo se la ha realizado en base a los parámetros tipo de grano, características cohesivas, medio físico y uso actual del mismo, tal como se muestra en la siguiente Tabla:

LEYENDA	DESCRIPCIÓN	PESO
Aa	Materia orgánica poca meteorizada, pardo a negro oscura sobre 30 o 40 cm de espesor.	2
Ab	Materia orgánica negra, suave, untuosa, meteorizada sobre 30 a 40 cm o más de espesor. Poco meteorizado, asociado con afloramientos, erosionado, de coluvión	2
Af	Materia orgánica poca meteorizada pardo a negro oscuro sobre 30 a 40 cm de espesor. Erosionado, con afloramientos. Suelo de coluvión sobre las pendientes.	3
Ai	Materia orgánica negra, suave, untuosa, meteorizada sobre 30 a 40 cm. O más de espesor friables de 30 a 80 cm de profundidad. Material parental meteorizado.	2
Am	Suelo orgánico sobre material duro a 30 o 40 cm. De profundidad-ranker orgánico	3
C	Cangagua pura erosionada, revestimientos brillantes (horizonte argílico)	4
C-Ca	Cangagua a 10 cm. De profundidad. Más de 30% de arcilla de tipo halloysita (revest.)horiz.argílico	4
Ca	Cangagua a 10 cm. De profundidad.	4
Ca-Cb	Cangagua a 20 cm. De profundidad. Más de 30% de arcilla de tipo halloysita (revest.)horiz.argílico	4
Ca-Cc	Cangagua a 30/40 cm. De profundidad. Toba color pardo	4
Ca-Cy	Cangagua a 10 cm. De profundidad.	4
Ca-Jq	Cangagua. Suelo de ceniza volcánica, arenoso, profundo, con arena media a gruesa más de 0,5 mm. Y menos de 2 mm. Menos de 1% de materia orgánica en los primeros 20 cm.	3
Cb	Cangagua a 20 cm. De profundidad.	4
Cb-Ca	Cangagua a 20 cm. De profundidad.	4
Cb-Cc	Cangagua a 30/40 cm. De profundidad	4

LEYENDA	DESCRIPCIÓN	PESO
Cb-Cn	Cangagua a 30/40 cm. De profundidad, sin meteorización a 40 cm. De profundidad. Horizonte más negro, un poco duro de 30 a 40 cm.	3
Cc	Cangagua a 30/40 cm. De profundidad.	4
Cc-Cm	Cangagua sin meteorización a 70 cm. De profundidad. Horizonte más negro, un poco duro de 40 a 70 cm. de profundidad.	3
Cc-Jqr	Suelo de ceniza arenoso profundo, arena media a gruesa más de 0,5 mm. Y menos de 2 mm. Un poco suave, estructura granular	3
Cd	Cangagua a 20 cm. De profundidad, poco dura a 80 cm. de profundidad pH cerca de 6	4
Cf	Horizonte argílico muy negro. Cangagua a 70 cm. De profundidad, algunos revestimientos negros sobre 5/10 cm.	1
Cf-Ck	Horizonte argílico muy negro. Cangagua a 70 cm. De profundidad, algunos revestimientos negros sobre 5/10 cm.	1
Cf-Cn	Cangagua sin meteorización a 40 cm. De profundidad. Horizonte más negro, un poco duro de 30 a 40 cm.	2
Cf-Ht	Suelo negro prof. limoso con arena muy fina pero menos M.O. que Hb (2 a 3% de 0 a 20 cm) de bases menos del 50%.	1
Ck	Horizonte argílico muy negro. Cangagua a 40 cm. De profundidad con algunos revestimientos negros sobre 5/10 cm.	1
Cm	Cangagua sin meteorización a 70 cm. De profundidad. Horizonte más negro, un poco duro de 40 a 70 cm.	2
Cm-Cb	Cangagua sin meteorización a 70 cm. De profundidad. Horizonte más negro, un poco duro de 40 a 70 cm. Vertiente a la altura límite de la cangagua	3
Cm-Cn	Cangagua sin meteorización a 70 cm. De profundidad. Horizonte más negro, un poco duro de 30 a 70 cm.	2
Cm-Hp	Suelo limo-arenoso sobre una capa dura cementada-Duripan en discontinuidad con revestimientos negro	2
Cm-Hq	Cangagua sin meteorización a 70 cm. De profundidad. Suelo limo-arenoso	2
Cn	Cangagua sin meteorización a 40 cm. De profundidad. Horizonte más negro, un poco duro de 30 a 40 cm.	2
Cn-Cm	Cangagua sin meteorización a 70 cm. De profundidad. Horizonte más negro, un poco duro de 30 a 70 cm.	2
Cn-Cp	Cangagua sin meteorización de 20 cm. A 40 cm de profundidad. Horizonte más negro, un poco duro a 10 cm.	2
Cp	Cangagua sin meteorización a 20 cm. De profundidad. Horizonte más negro, un poco duro a 10 cm.	2
Cp-Cm	Cangagua sin meteorización de 20 a 70 cm. De profundidad. Horizonte más negro, un poco duro de 10 a 70 cm.	2
Cq	Cangagua con costra de carbonato a 70 cm. De profundidad pseudo-gley. Pocas grietas en la superficie en algunas partes.	4
Ct	Horizonte argílico de poco espesor y algunas veces en la superficie en afloramientos, rojizo, posibilidad de algunas acumulaciones duras de hierro.	1
Cu	Cangagua dura, con revestimientos muy negros y micelio de carbonato a más de 70 cm. De profundidad	1
Cu-Cy	Cangagua dura, con revestimientos muy negros y micelio de carbonato a más de 70 cm. De profundidad	1
Cu-Ht	Suelo negro prof. limoso con arena muy fina pero menos M.O. que Hb (2 a 3% de 0 a 20 cm)	2
Cy-Cp	Cangagua sin meteorización a 20 cm. De profundidad. Horizonte más negro, un poco duro a 10 cm.	2

LEYENDA	DESCRIPCIÓN	PESO
Da	Suelo pseudo limoso muy negro con más de 80% de agua a pF3 sobre muestra sin desecación	3
Da-Aa	Suelo pseudo limoso muy negro con más de 80% de agua a pF3 sobre muestra sin desecación poco meteorizado, asociado con afloramientos, erosionado, de coluvión	3
Da-Dh	Suelo pseudo limoso muy negro con más de 80% de agua a pF3 sobre muestra sin desecación altamente meteorizada y de color claro. PH cerca de 6	3
Da-R	Suelo pseudo limoso muy negro con más de 80% de agua	3
Db	Suelo pseudo limoso muy negro con más de 50% de agua a pF 3, sobre muestra sin desecación	3
Db-Aa	Suelo pseudo limoso muy negro con más de 50% de agua a pF 3, sobre muestra sin desecación Materia orgánica poca meteorizada	3
Dc	Suelo pseudo limoso muy negro com. más de 20% y menos de 50% de retención de agua a pF 3 sobre muestra sin desecación	3
Dc-Dh	Suelo pseudo limoso muy negro com. más de 20% y menos de 50% de retención de agua a pF 3 sobre muestra sin desecación. Arcilla montmorillonita dura.	3
Dd	Suelo negro, profundo de 0 a 50 cm. pseudo-limo, suave sobre 50 cm. Retención de agua a pF3 de 50 a 100	3
Df	Suelo pseudo-limoso negro. Con retención de agua a pF3 20 a 50% sobre muestra sin desecación	2
Df-R	Suelo pseudo-limoso negro. Con retención de agua a pF3 20 a 50% sobre muestra sin desecación	2
Dh	Suelo muy negro pseudo-limoso muy suave untuoso esponjoso. Retención de agua a pF3 sobre muestra sin desecación Arcilla montmorillonita dura.	3
Dhc	Suelo pseudo limoso muy negro, ídem Dc de 20 a 50% de retenc. de agua a pF3 sobre muestra sin desecación de 20 cm. De profund. Limo-arenoso con bloques poco alterados.	4
Dhc-Hj	Suelo limoso muy negro, ídem Dc de 20 a 50% de retenc. de agua a pF3 sobre muestra sin desecación de 20 cm. De profund. Con bloques poco alterados, con arena muy fina friable, no reacc. Fna, menos de M.O. un poco más	4
Dhf	Suelo pseudo-limoso negro o con arena fina. Idem Df retención de agua a pF3 20 a 50% sobre muestra sin desecación, meteorizadas en profundidad	3
Dhf-R	Suelo pseudo-limoso negro o con arena fina. Idem Df retención de agua a pF3 20 a 50% sobre muestra sin desecación, meteorizadas en profundidad	3
Dhn	Suelo pseudo limoso muy negro con retención de agua 20 a 50% a pF3 sobre muestra sin desecación. Gruesa de meteorización del granito, antes de un metro de profundidad	3
Djc	Suelo limoso con arena fina a media. Idem Dc, reten.de agua de 20 a 50 a pF3 sobre muestra sin desecación.	4
Djn	Suelo pseudo limoso con arena fina o media, un poco más arenoso que Dn. Bajo de 1.50 o 2m.más de profund.material de origen meteorizado	4
Dk	Suelo pseudo limoso muy negro con más de 80% de retención de agua a pF3 sobre muestra sin desecación	1
Dk-Af	Suelo pseudo limoso muy negro con más de 80% de retención de agua a pF3 sobre muestra sin desecación Materia orgánica poco meteorizada pardo a negro oscuro sobre 30 a 40 cm de espesor. Erosionado, con afloramientos. Suelo de coluvión sobre las	2

LEYENDA	DESCRIPCIÓN	PESO
	pendientes.	
Dm	Suelo pseudo limoso muy negro con retención de agua de 50 a 80% a pF3 sobre muestra sin desecación	1
Dn	Suelo pseudo limoso o pseudo limo-arenoso, muy negro con retención de agua 20 a 50% a pF 3 sobre muestra sin desecación	1
Dp	Suelo pseudo-limoso negro. Con retención de agua a pF3 50 a 100% sobre muestras sin desecación	2
Dt	Suelo negro generalmente profundo, pseudo-limo muy suave, untuoso, esponjoso, retención de agua a pF3	3
Dt-Pd	Suelo negro generalmente profundo, muy suave, untuoso, esponjoso, retención de agua a pF3, limoso con algunas arenas gruesas y gravas sobre rocas poco meteorizadas a menos de 50 cm.	3
Ec-Ed	Suelo localizado en áreas más secas de régimen USTICO-ARIDICO, profundidad más friable, pH agua cerca de 7, retención de agua cerca 20%	2
Ed	Suelo rojizo, sin el horizonte superficial orgánico, con muchos revestimientos.	2
F1c-F1d	Horiz.superior negro, orgánico, limoso, suave, untuoso o limo-arcilloso de 20 a 50 cm de espesor. M.O>15%	2
H-Aa	Suelo muy negro, profundo, limoso con arena muy fina, ligera reacc. Al Fna, saturac. De cationes	3
H-Af	Suelo negro profundo, limoso con arena muy fina sobre 1 m. De espesor. Debajo de 1 m.de prof. hasta 1.5 o	3
H-Am	Suelo orgánico sobre material duro a 30 o 40 cm. De profundidad-ranker orgánico	3
H-Hc	Suelo negro profundo, limoso, con arena muy fina, de 0 hasta 50 cm. De espesor.	3
H-Jb	Suelo negro u oscuro, arenoso, de ceniza, arena fina menos de 0,5 mm. Horizonte superior sobre 20 cm recubrim. de ceniza fina, pardo rojizo, friable después de 80 cm.profundidad.	4
H-Jg	Idem Jb con micelio de carbonato	4
H-Jp	Suelo de ceniza arenoso profundo, arena fina de menos 0,5 mm. Menos de 1% de M.O de 0 a 20 cm. PH	4
H-Jw	Suelo arenoso, negro, arena fina a media, profundo, con manchas de color rojizo y claro.	3
H-Ma	Suelo arenoso arcilloso negro, profundo uniforme, sin revestimientos.	3
Ha	Suelo muy negro, profundo, limoso con arena muy fina, ligera reacc. Al Fna, saturac. De cationes	3
Ha-Dhp	Suelo muy negro, profundo, limoso con arena muy fina, ligera reacc. Al Fna, saturac. De cationes con retenc. de agua 50 a 100% sobre muestra sin desecación pero satur.	3
Ha-Hb	Suelo negro rojizo, sin el horizonte superficial orgánico, con muchos revestimientos.	3
Ha-R	Suelo muy negro, profundo, limoso con arena muy fina, ligera reacc. Al Fna, saturac. De cationes	3
Hb	Suelo rojizo, sin el horizonte superficial orgánico, con muchos revestimientos. Muy común en seca	3
Hb-Ht	Suelo rojo, amarillento, arcilloso, pesado de 30 cm hasta 1 m de profundidad. (horiz.superior un poco más	3
Hb-Jp	Suelo rojo, amarillento, arcilloso, pesado de 30 cm hasta 1 m de profundidad. (horiz.superior un poco más Idem pero arena media a gruesa. Textura arenosa	3

LEYENDA	DESCRIPCIÓN	PESO
Hb-Mr	Suelo negro rojizo, sin el horizonte superficial orgánico, con muchos revestimientos, profundo (1m) o areno arcilloso, mezclado con muchas gravas.	3
Hc	Suelo negro profundo, limoso, con arena muy fina, de 0 hasta 50 cm. De espesor.	3
Hf	Suelo negro profundo, limoso con arena muy fina sobre 1 m. de espesor. Debajo de 1 m.de prof. hasta 1.5	3
Hg	Suelo muy negro profundo con arena fina a media, con presencia de limo, ninguna reacción al Fna.	4
Hi	Suelo muy negro profundo, limoso con arena muy fina, friable, no-reacción a Fna.	4
Hi-Hb	Suelo muy negro profundo, limoso con arena muy fina, friable, no-reacción a Fna. Suelo rojizo, sin el horizonte superficial orgánico, con muchos revestimientos.	4
Hi-Hj	Suelo muy negro prof. limoso, con arena muy fina friable, no reacc. Fna, menos de M.O.	4
Hi-Jb	Suelo negro u oscuro, arenoso, de ceniza, arena fina menos de 0,5 mm. Horizonte superior sobre 20	4
Hi-Md	Suelo negro arcilloso con muchos revestimientos brillantes encima de la cangahua, suelta o toba volcánica	4
Hj	Suelo muy negro prof. limoso, con arena muy fina friable, no reacc. Fna, menos de M.O	4
Hj-Hl	Suelo muy negro prof. limoso, con arena muy fina friable, no reacc. Fna, menos de M.O., friable, con ligera reacción Fna. Saturación de agua	5
Hl	Suelo muy negro, profundo, limoso con arena muy fina, friable, con ligera reacción Fna. Saturación de agua	5
Hma	Suelo arenoso negro sobre 50 cm de espesor y más arcilloso en la profundidad, antes de 1m.de profund.	3
HMb	Suelo arenoso negro sobre 50cm. De espesor y más arcilloso en la profundidad más de 30% de arcilla	3
Hn	Suelo joven con poca M.O., limoso con arena muy fina, profundo húmedo (ceniza negra) oxisol, material parental meteorizado sobre algunos metros de profundidad	3
Hn-Jq	Suelo joven con poca M.O., limoso con arena muy fina y media a gruesa, profundo húmedo (ceniza negra) oxisol, material parental meteorizado sobre algunos metros de profundidad Densidad aparente más de 1. Textura arenosa	2
Hp	Suelo limo-arenoso sobre una capa dura cementada-Duripan en discontinuidad con revestimientos negro	2
Hq	Suelo limo- arenoso sobre una capa dura- Duripan en discontinuidad con revestimientos negros y carbonato	2
Ht	Suelo negro prof. limoso con arena muy fina pero menos M.O.que Hb (2 a 3% de 0 a 20 cm)	3
Ht-Cm	Suelo negro prof. limoso con arena muy fina pero menos M.O.que Hb (2 a 3% de 0 a 20 cm) y en la profundidad Cangagua sin meteorización	2
Ht-Cn	Suelo negro prof. limoso con arena muy fina pero menos M.O.que Hb (2 a 3% de 0 a 20 cm) y en la profundidad Cangagua sin meteorización a 70 cm.	2
Hv	Suelo negro profundo (1m) arena fina a media con presencia de limo pH agua cerca de 6, duro y poco meteorizado a 70 cm de profund. con algunas manchas negras de Mg	3
Hw	Suelo negro profundo (pachic) (1 m.) arena fina a media con clara	3

LEYENDA	DESCRIPCIÓN	PESO
	presencia de limo, permeabilidad.	
Hz	Suelo muy negro, profundo con arena fina a media y claramente presencia de limo.	4
Hz-Ai	Suelo muy negro, profundo, con arena fina a media y claramente presencia de limo, ligera reacción Materia orgánica negra, suave, untuosa, meteorizada sobre 30 a 40 cm. O más de espesor.	4
Ja	Suelo negro u oscuro profundo, arenoso, de ceniza, arena fina o media.	4
Jb	Suelo negro u oscuro, arenoso, de ceniza, arena fina menos de 0,5 mm.	3
Jb-Cd	Suelo negro u oscuro, arenoso, de ceniza, arena fina menos de 0,5 mm. Cangagua a 70 cm. De profundidad	4
Jb-Hn	Suelo negro u oscuro, arenoso, de ceniza, arena fina menos de 0,5 mm. Suelo joven con poca M.O.	3
Jb-Jp	Suelo negro u oscuro, arenoso, de ceniza, arena fina menos de 0,5 mm. Densidad aparente más de 1. Textura arenosa	3
Jb-Jpr	Suelo negro u oscuro, arenoso, de ceniza, arena fina menos de 0,5 mm.	3
Jb-Jq	Suelo de ceniza arenoso profundo, arena media a gruesa más de 0,5 mm. Y menos de 2 mm. Menos de 1%	2
Jb-Jqr-Jpr	Suelo negro u oscuro, arenoso, de ceniza, arena fina menos de 0,5 mm.	2
Jd	Suelo negro u oscuro, profundo, arenoso, de ceniza, arena fina a media.	3
Jd-Cd	Suelo negro u oscuro, profundo, arenoso, de ceniza, arena fina a media. Cangagua a 70 cm. De profundidad	4
Jg	Suelo arcilloso amarillo o rojizo muy friable, pseudo arena.	1
Jh-Jp	Suelo negro u oscuro, arenoso, de ceniza, arena fina menos de 0,5 mm. Horiz.superior sobre 20 cm. Densidad aparente más de 1. Textura arenosa	3
Jk	Suelo arenoso, arena fina a media, muy negro (chroma 0 a 1) con mucha M. O. Un poco suave.	2
Jk-Jp	Suelo arenoso, arena fina a media, muy negro (chroma 0 a 1) con mucha M. O. Un poco suave, Textura arenosa	2
Jn-R	Suelo de ceniza arenoso, profundo, arena media a gruesa, más de 0,5 mm y menos de 2 mm.	3
Jp	Suelo de ceniza arenoso profundo, arena fina de menos 0,5 mm. Menos de 1% de M.O de 0 a 20 cm.	1
Jp-Hn	Suelo de ceniza arenoso profundo, arena fina de menos 0,5 mm. Menos de Suelo de ceniza arenoso profundo, arena fina de menos 0,5 mm. Menos de 1% de M.O de 0 a 20 cm. PH1% de M.O de 0 a 20 cm. PH	2
Jp-Jb	Suelo de ceniza arenoso profundo, arena fina de menos 0,5 mm. Menos de 1% de M.O de 0 a 20 cm. Suelo negro profundo, limoso con arena muy fina, ninguna reacc. al Fna.pH agua 5.5 a 6.5 y pH KCl < 6.0	2
Jp-Jpn	Suelo de ceniza arenoso profundo, arena fina de menos 0,5 mm. Menos de 1% de M.O de 0 a 20 cm. PH	2
Jq	Suelo de ceniza arenoso profundo, arena media a gruesa más de 0,5 mm. Y menos de 2 mm.	1
Jr	Suelo de ceniza arenoso profundo, arena media a gruesa más de 0,5 mm. Menos de 2 mm.	1
Js	Suelo de ceniza arenoso profundo, arena fina menos de 0,5 mm. Menos de 1% de M.O. de 0 a 20 cm.	1

LEYENDA	DESCRIPCIÓN	PESO
Js-Jp	Suelo de ceniza arenoso profundo, arena fina menos de 0,5 mm. Menos de 1% de M.O. de 0 a 20 cm. A 20 cm, estructura granular, saturación de cationes menos de 50%.	1
Jt	Suelo arenoso con estratos de granulometría, irregular, arena media o gruesa.	3
Jz	Suelo completamente erosionado por el viento con afloramiento de una capa de pómez gruesa	1
Jz-Dc	Suelo completamente erosionado por el viento con afloramiento de una capa de pómez gruesa, Suelo pseudo-limoso muy negro com. más de 20% y menos de 50% de retención de agua a pF 3	2
Lf	Suelo areno-arcilloso, amarillo o de color claro, permeable, uniforme	3
Lp	Suelo con horizonte claramente vertical a 50 cm. De profundidad.	3
Lp-Nm	Suelo con horizonte claramente vertical a 50 cm. De profundidad. Suelo arcillo-arenoso profundo con más de 30% de arcilla debajo de 50 cm de profundidad.	3
Ma	Suelo arenoso arcilloso negro, profundo uniforme, sin revestimientos.	3
Ma-Hb	Suelo arenoso arcilloso negro, profundo uniforme, sin revestimientos, ninguna reacc. al Fna.pH agua 5.5 a 6.5 y pH KCl < 6.0	3
Ma-Mf	Suelo arenoso arcilloso negro, profundo uniforme, sin revestimientos. Suelo negro arcilloso con muchos revestimientos brillantes encima de la cangahua suelta o toba volcánica	3
Md-Hb	Suelo negro arcilloso con muchos revestimientos brillantes encima de la cangahua, suelta o toba volcánica	3
Mf	Suelo negro arcilloso con muchos revestimientos brillantes encima de la cangahua suelta o toba volcánica	3
Mf-Hi	Suelo negro arcilloso con muchos revestimientos brillantes encima de la cangahua	4
Mf-Ma	Suelo negro arcilloso con muchos revestimientos brillantes encima de la cangahua suelta o toba volcánica, Suelo muy negro profundo, limoso con arena muy fina, friable, no-reacción a Fna. Densidad aparente	3
Mf-Md	Suelo negro arcilloso con muchos revestimientos brillantes encima de la cangahua suelta o toba volcánica	3
Mf-Mg	Suelo negro arcilloso con muchos revestimientos brillantes encima de la cangahua suelta o toba volcánica, repartición irregular de la materia orgánica	3
Mg	Suelo negro arcilloso con muchos revestimientos brillantes encima de la cangahua suelta	3
Mg-Cf	Suelo negro arcilloso con muchos revestimientos brillantes encima de la cangahua suelta	3
Mg-Mf	Suelo negro arcilloso con muchos revestimientos brillantes encima de la cangahua suelta 30/40 a 70 cm: Horizonte argílico muy negro. Cangagua a 70 cm. De profundidad	3
Mh	Suelo negro profundo (1 m.) areno-arcilloso uniforme sin revestimientos, con más de 30% de arcilla	3
Mk	Suelo negro profundo (1m) con estratos de granulometría irregular, arcillo-arenoso o areno arcilloso	3
Mr	Suelo negro profundo (1m) o areno arcilloso, mezclado con muchas gravas, piedras o rocas	2
Mr-Hb	Suelo negro profundo (1m) o areno arcilloso, mezclado con muchas gravas, piedras o rocas, limoso con arena muy fina,	3

LEYENDA	DESCRIPCIÓN	PESO
	ninguna reacc. al Fna.pH agua 5.5 a 6.5 y pH KCl < 6.0	
Nd	Suelo franco arcillo-limoso, uniforme sobre 1 metro de profundidad.	1
Nd-Ha	Suelo franco arcillo-limoso, uniforme sobre 1 metro de profundidad, muy negro, profundo, limoso con arena muy fina, ligera reacc. Al Fna, saturac. De cationes	2
Nm	Suelo arcillo-arenoso profundo con más de 30% de arcilla debajo de 50 cm de profundidad, horizonte argilítico.	3
Nm-Lp-Mr	Suelo arcillo-arenoso profundo con más de 30% de arcilla debajo de 50 cm de profundidad, Suelo con horizonte claramente vertical a 50 cm. De profundidad. Con muchos revestimientos brillantes encima de la cangahua suelta o toba volcánica.	3
Nm-Lp-Nr	Suelo arcillo-arenoso profundo con más de 30% de arcilla debajo de 50 cm de profundidad, Suelo con horizonte claramente vertical a 50 cm. De profundidad.	3
ROCAS		1
S	Suelo poco profundo, menos de 20 cm arenoso o areno-arcilloso sobre material duro muy meteorizado	5
Sa	Suelo poco profundo, menos de 20 cm arenoso o areno-arcilloso sobre material duro muy meteorizado	1
Td	Suelo arenoso con capas sucesivas, areno-arcillosas de poco espesor	1
Vg	Suelo arcilloso, negro oscuro profundo sobre más de 1 m. Chroma de suelo húmedo menos de 1.5	2

Tabla 4 Uso actual del suelo

Para la elaboración del Mapa de Amenazas por Movimientos de Terrenos con la ayuda del SIG, se efectuó un álgebra de mapas con la siguiente ecuación:

$$0.5*\text{factor pendiente} + 0.25*\text{factor litológico} + 0.25*\text{factor suelo}$$

Los factores intervinieron con sus respectivos pesos de ponderación, dando para la clasificación de la amenaza de movimientos de tierras los siguientes intervalos:

Valores	Clasificación
1 - 2.3	Amenaza Baja
2.3 – 3.6	Amenaza media
3.6 - 5	Amenaza alta

Tabla 5. Clasificación de las amenazas

Criterios para la delimitación de zonas inestables

Zonas de Amenaza alta

Son áreas identificadas como terrenos sensibles, generalmente relacionados a topografía escarpada, zonas tectonizadas y de alta intensidad de precipitaciones con acentuadas evidencias de movimientos como se evidencia en los tres mapas de Movimientos de Terrenos de Amenaza Alta que se adjuntan al informe.

Zonas de Amenaza Media

Estas superficies del terreno se caracterizan por vertientes de ladera en las que los movimientos pueden darse en menor posibilidad y frecuencia, siendo las evidencias menores que la Zona altamente inestable.

Zonas de Amenaza Baja

Se trata de terrenos semiplanos; mesetas y cuevas con poca posibilidad de movimientos de inestabilidad en condiciones no intervenidas

2.3 MAPA DE AMENAZAS SISMOTECTÓNICAS

El mapa de amenaza sísmica, se refiere a un documento cartográfico actualizado que contiene información relacionada con eventos sismo-tectónicos que puedan afectar a la Provincia de Chimborazo.

En la elaboración de este mapa se tomó como base el Mapa Sismotectónico del Ecuador elaborado por la Defensa Civil Nacional y la Escuela Politécnica del Ejército en 1991, escala 1:1'000.000; en vista de que el Sistema de Fallas Pallatanga es una fuente sismogénica importante, se ha considerado como una zona individual en la Provincia.

Utilizando las imágenes satelitales se realizó también el mapeo de los lineamientos más importantes dentro de la provincia.

Para la obtención del mapa sismotectónico final se realizó una superposición de las fallas dadas en el mapa geológico de la Provincia, junto con los lineamientos encontrados en la imagen satelital, además se colocaron datos de epicentros con valores de magnitud mayores a 4 obtenidos del CERESIS.

Con el objetivo de caracterizar la sismo-tectónica de la región se deben identificar las fuentes sismogénicas, que son zonas que presentan alta sismicidad, que se repite en el tiempo. Para determinar estas zonas es necesario analizar la distribución espacial de la sismicidad histórica y su relación con los ambientes tectónicos (CERESIS, 1991), para ello se tomaron datos de intensidades obtenidos del catálogo del CERESIS y se graficaron los sismos con intensidades MM (Mercalli Modificada) en el período comprendido entre 1541 y 1991.

2.4 MAPA DE AMENAZAS VOLCÁNICAS

Es un documento cartográfico actualizado que contiene información relacionada con la actividad volcánica y los procesos volcánicos que puedan afectar a la Provincia de Chimborazo.

El mapa de amenazas volcánicas del volcán Chimborazo se elaboró en base a la información derivada del Mapa de los Peligros Volcánicos Potenciales de Chimborazo elaborado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional en el año 1990 (escala 1: 50 000). El sector Oriental fue construido tomando la información del mapa de Riesgos volcánicos potenciales del volcán Tungurahua, realizado por la Escuela Politécnica Nacional – INECEL, en 1980 (escala 1: 25 000).

2.5 MAPA DE VULNERABILIDAD GEODINÁMICA EN RELACION CON ASENTAMIENTOS POBLACIONALES

El mapa de vulnerabilidad geodinámica contiene información sobre las zonas de mayor densidad poblacional afectadas por las diferentes amenazas de fenómenos naturales.

Para la elaboración del mapa de vulnerabilidad geodinámica referido al elemento poblacional, se realizó una sobre-imposición del mapa de zonas de mayor concentración poblacional con el mapa de amenazas por procesos geodinámicos, considerando que la mayor o menor presencia del hombre aumenta la posibilidad de que ocurra un fenómeno natural amenazante.

3 ANALISIS DE LAS AMENAZAS NATURALES

3.1 AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS.

Inundaciones

Las inundaciones provocadas por fenómenos Hidrometeorológicos, son la causa de desastres por la erosión del río Chambo y Chanchán sobre infraestructura y áreas productivas del Cantón Cumandá, en la parte más baja de la Provincia de Chimborazo.

El Niño, considerado como un evento oceánico-atmosférico, siempre ha constituido una amenaza con impactos críticos como las ocurridas en el invierno de 1982 – 1983 y 1997 – 1998 (de mayor magnitud e intensidad del siglo pasado).

El aporte de agua más importante es la copiosa precipitación, de su variación e intensidad dependerá la generación de grandes volúmenes de agua, que aumentarán el caudal de los principales ríos, degradando sus desagües, principalmente en zonas de alta deforestación.

La sedimentación en los terrenos bajos produce colmatación, y al haber un exceso de agua fluvial, se generan desbordamientos e inundaciones.

Desertificación por déficit de escorrentía

La zona de Palmira se caracteriza por ser la única área del país donde existe un ambiente desértico, cuya erosión eólica genera dunas de arena, en un ambiente de déficit de escorrentía. Mayores detalles se desarrollan en otros capítulos del informe.

3.2 AMENAZAS POR MOVIMIENTOS DE TERRENO

Introducción

Los fenómenos de remoción en masa son una de las causas más frecuentes de desastres, afectando continuamente a poblaciones, vías, acueductos y otras obras de infraestructura importantes. Por lo tanto, es necesario conocer su distribución y magnitud para mejorar el manejo de las zonas propensas a este tipo de fenómenos.

Para determinar las zonas afectadas por fenómenos geodinámicos se utilizan métodos estadísticos, en los cuales se toman una serie de características físicas con valores de pesos ponderados, de acuerdo al grado de influencia que cada una de ellas presenta en la estabilidad de una ladera.

Movimientos en masa

Los factores que influyen en los movimientos en masa son:

- Topografía: El relieve es uno de los factores más importantes en el desarrollo de las remociones en masa; generalmente a medida que aumenta la inclinación y la longitud de las vertientes, aumenta la probabilidad de que se generen deslizamientos, derrumbes u otros fenómenos.

- **Clima:** El desarrollo de los fenómenos de deslizamientos, derrumbes y solifluxión, depende en gran parte de las lluvias y posterior saturación de los materiales edáficos y regolíticos. En forma general, los frentes oriental y occidental de la Cordillera de los Andes son áreas lluviosas.
- **Suelo:** La meteorización, sea esta física o química, produce efectos que preparan los suelos y rocas para los movimientos en masa. La velocidad de infiltración en un suelo seco es muy grande en poco tiempo; a medida que el suelo se humedece, la velocidad de infiltración disminuye rápidamente hasta alcanzar una velocidad de equilibrio, que dependerá de su textura y estructuras; pero cuando existe un exceso de agua que llega a saturar a los materiales superficiales y sub-superficiales, y si éstos se encuentran en laderas de fuertes pendientes y sin una buena cobertura vegetal, se generan las remociones en masa.
- **Litología:** Los grandes deslizamientos y derrumbes están siempre relacionados con el tipo de roca aflorante; la mayor o menor influencia de este factor en el modelado de las laderas, dependerá del tipo de roca, de su dureza, del comportamiento frente a la infiltración, grado de meteorización y fracturación.

Los movimientos en masa constituyen uno de los fenómenos más frecuentes asociados con las precipitaciones de gran intensidad que, saturan las capas del suelo residual y roca meteorizada, afectando las condiciones de estabilidad de las vertientes escarpadas, desencadenando movimientos gravitacionales.

La constitución geológica principalmente en zonas tectonizadas y relieves montañosos con profundos valles es la principal procedencia de los movimientos de materiales inestables. Zonas vulnerables de este origen, son los valles de los ríos Chambo, Chanchán y Pangor en la cuenca alta del río Chimbo

Por otro lado, el desarrollo de la actividad humana en terrenos que no tienen aptitud agrícola, también juega un rol importante durante el desarrollo de estos fenómenos de movimientos en masa. Estos fenómenos ocurren en las colinas del valle interandino siendo muy intensivo en la laguna de Colta.



Foto 1. Laderas muy erosionadas. Al pie se encuentra la laguna de Colta.

En función de la severidad de los espacios geográficos a las remociones, se han identificado unidades con diferentes grados de amenaza por movimientos de terrenos inestables, encontrándose la presencia de zonas con el más alto nivel de amenaza en las laderas cercanas a los valles de los ríos Chambo, Pangor y Chanchán; son zonas muy vulnerables también los sectores cercanos al volcán Altar.

Las zonas de influencia de las fallas de Pallatanga, Pangor, Multitud, Ingapirca entre las más importantes, son muy propensas a la presencia de movimientos en masa, esto se debe al tectonismo activo que causa fracturamiento de las rocas, dando lugar a una rápida meteorización.

Se observa la presencia de grandes deslizamientos antiguos inactivos dentro de los cuales se encuentran deslizamientos menores activos que son los que están causando problemas en la actualidad.



Foto 2. Deslizamiento antiguo muy grande, entrada a Cajabamba
(Mapa de Movimientos de Terreno-Sector Centro, UTM 748218 9812289)

La presencia de ondulación en los terrenos es un indicador importante de movimientos en masa, lo que es común encontrar en los sectores aledaños a la falla de Pallatanga.



Foto 3. Ondulación del cuerpo de deslizamiento, posible reactivación del movimiento.
Margen izquierdo del río Pangor, cerca de la población de Tepeyag.
(Mapa de Movimientos de Terreno-Sector Centro, UTM 0726345 9784958)



Foto 4. Gran deslizamiento, material muy triturado de la unidad. Yunguilla, sector con mucha humedad, terrazas colgadas sobre los 200 m. Camino a Achín Alto. (Mapa de Movimientos de Terreno-Sector Centro, UTM 0732620 9784750)

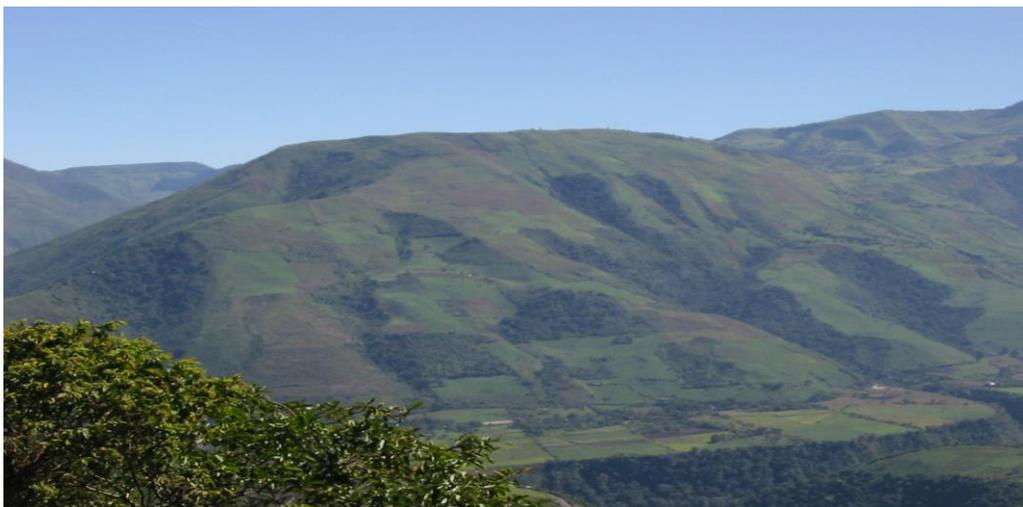


Foto 5. Grandes deslizamientos antiguos en el margen derecho del río Pangor. Tomado desde Multitud. (Mapa de Movimientos de Terreno-Sector Sur)

Deslave del volcán Altar del 13 de Octubre del 2000

En la mañana del día viernes 13 de Octubre del 2000, un gran bloque de brechas andesíticas del volcán Altar con un volumen de 1.5 m^3 (Hall M., et al, 2000) se derrumbó casi verticalmente desde la pared Norte de la Monja Grande. El derrumbe impactó el extremo oriental de la laguna caldérica, recorriendo una distancia vertical de 900 m, provocando una ola gigantesca que desalojó gran cantidad de agua de la laguna. En el recorrido el agua fue erosionando y transportando el material morrénico del lado occidental de la caldera, avanzando rápidamente a través del valle del río Collanes cubriendo los lados del valle con lodo y el fondo del mismo con abundantes bloques de 7 m a 1 m de diámetro.

En algunos lugares, el lodo alcanzó hasta 20 m de altura, en su camino arrasó tres casas del refugio "Capac Urco", y afectó a personas y animales en el trayecto del río Blanco.

Esta clase de fenómeno natural no es común, pero un evento similar de menor magnitud ya ocurrió en la caldera del Altar en 1953, por lo tanto no sería imposible que otro fenómeno así ocurra aunque no con mucha frecuencia.

3.3 AMENAZA SÍSMICA

Introducción

La provincia de Chimborazo, ubicada en la región central de la sierra ecuatoriana (Fig. 01), ha sido afectada por numerosos eventos sísmicos a lo largo de su historia, por esta razón, es necesaria la evaluación de las amenazas sísmicas de dicha zona, como medida previa para la realización de cualquier tipo de obras de infraestructura.

Para determinar la amenaza sísmica es necesario identificar los posibles efectos que causaría un evento de características definidas en una zona dada. Para esto es necesaria la identificación del tipo de evento más probable que se puede dar y las zonas más vulnerables a este tipo de evento.

La identificación del tipo de evento más probable se lo hace en base a: Ambiente Geodinámico Regional y al Ambiente tectónico local.

Ambiente Geodinámico

La ubicación de sismos en la superficie de la tierra no es aleatoria, estos se concentran en ciertas zonas estrechas. Estas zonas están íntimamente relacionadas con límites de placas tectónicas, sistemas estructurales y fallas regionales (Fig. 02).

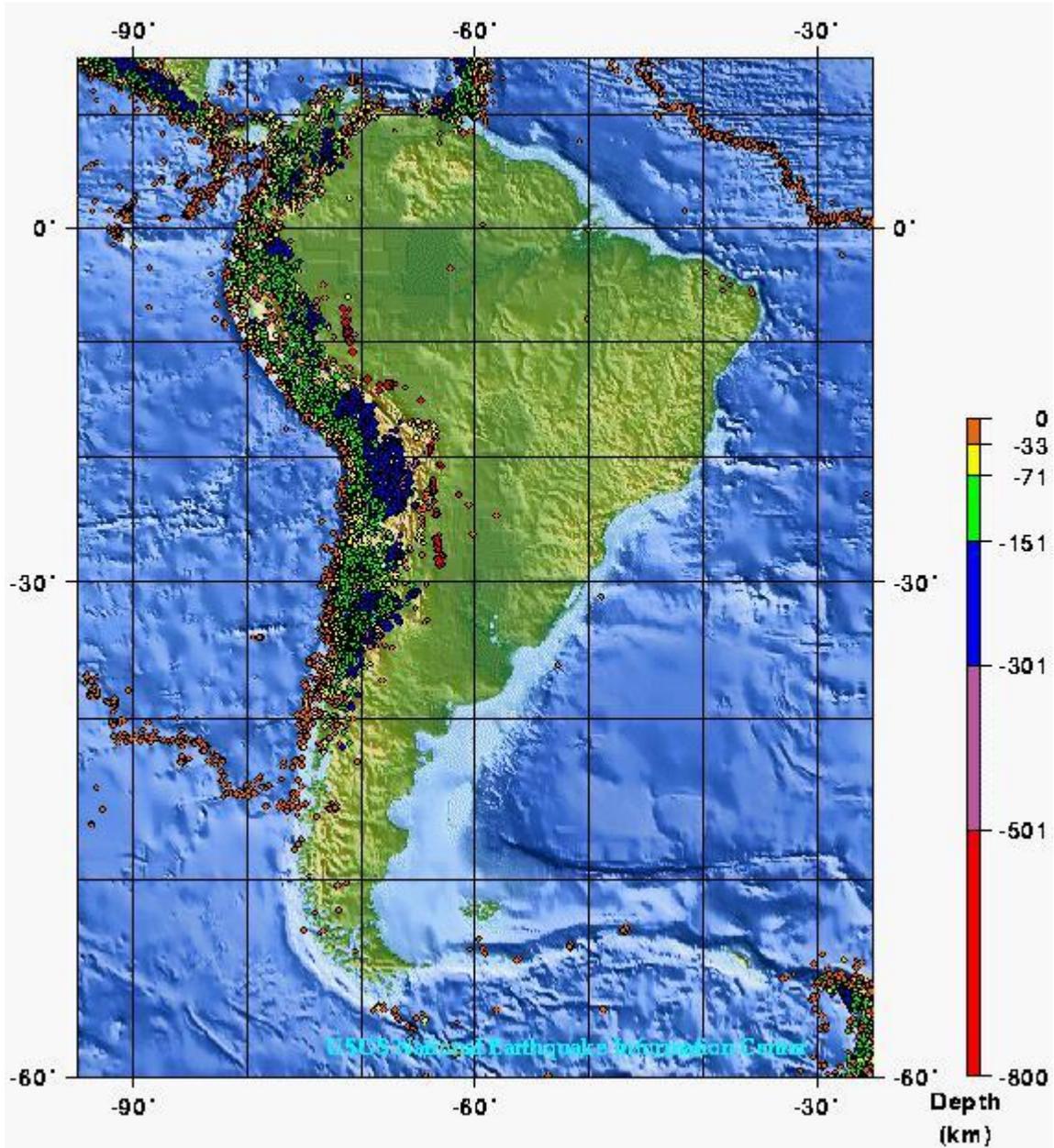


Figura 02. Sismicidad en límites de placas en Sudamérica, en el período entre 1975 – 1995 (USGS NEIC, 2002)

El Ecuador se encuentra en el límite de dos placas tectónicas, la placa Sudamericana y la placa Nazca (Fig. 02). Este límite de tipo convergente forma una zona de subducción, en la cual la placa oceánica Nazca se introduce bajo la placa continental Sudamericana. La placa Nazca se mueve hacia el Este a 6 cm/año (Kellog & Vega, 1995).

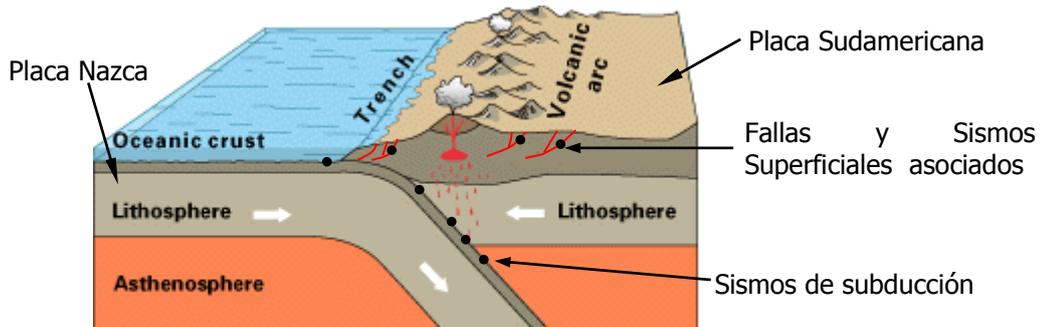


Figura 03. Zona de subducción normal y zonas sismo-genéticas asociadas

Un rasgo importante en la zona de subducción ecuatoriana es la presencia, entre 2° N y 1.5° S de latitud, de la cordillera asísmica de Carnegie, la cual ha levantado la fosa frente al Ecuador, provocando el levantamiento de la costa y la formación de los Tablazos (Lonsdale, 1978). Esta elevación submarina colisiona con el continente y produce resistencia a subducirse, en comparación con una zona de subducción normal de corteza oceánica plana. Esta cordillera asísmica empezó a subducirse bajo el continente hace 2 Ma (Pennington, 1981; Gutscher et al, 1999)

Pennington (1981) considera que la subducción en el segmento Ecuador tiene una orientación N35° E con un buzamiento de 35°. Gutscher et al (1999) propone la existencia de un "flat slab" o subducción horizontal debido a la flotabilidad de la cordillera de Carnegie.

En una zona de subducción normal el esfuerzo es consumido en su mayor parte en la zona de subducción, formando fallas de empuje en la pared interna de la fosa, el resto del esfuerzo es liberado en la zona conocida como frente de levantamiento, ubicado en la cuenca trasarco. El impacto de la cordillera de Carnegie provoca que gran parte del esfuerzo generado por la subducción sea transferido a la placa Sudamericana, produciendo diversos sistemas de deformación transpresiva.

Estos sistemas de fallas transpresivas atraviesan la cordillera andina, los cuales se prolongan hacia Colombia y Venezuela, formando lo que se denomina El Bloque Norandino (Fig. 04). Este bloque está siendo expulsado hacia el NNE debido a la convergencia oblicua entre Nazca y Sudamérica (Ego et al, 1993), a través del sistema de fallas Pallatanga-Chingual en Ecuador y las fallas Afiladores-Sibundoy-Algeciras en Colombia (Fig. 05)(Soulas et al, 1991).

El patrón de sismicidad instrumental e histórica indica la presencia de grandes terremotos en los bordes de la cordillera de Carnegie y en la red de fallas transpresivas que atraviesan los andes ecuatorianos (Gutscher et al, 1999).

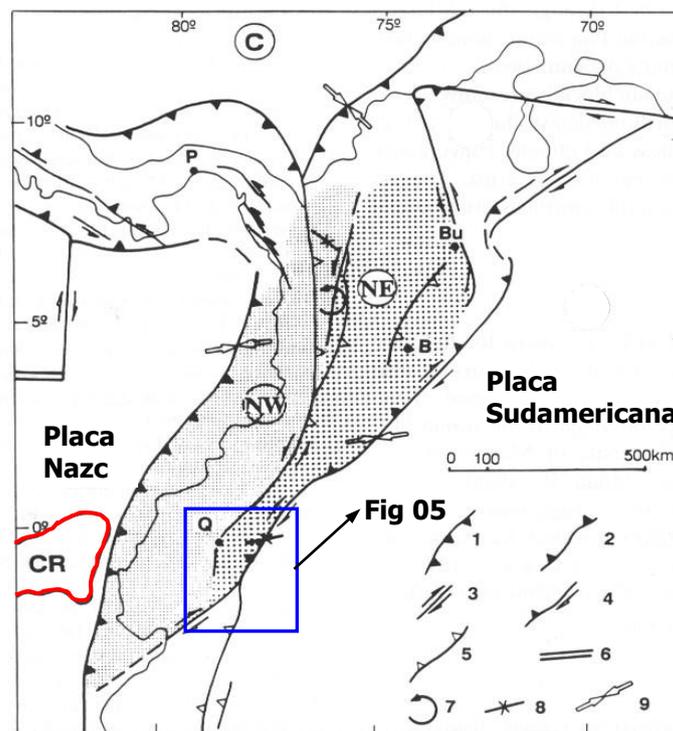


Figura 05. Tectónica de la parte noroeste de América del Sur, muestra la relación entre la subducción y el sistema transpresivo Pallatanga-Chingual-Algeciras. CR – Cordillera de Carnegie; NW – Segmento noroeste del Bloque Norandino; NE – Segmento noreste del Bloque Norandino; 1- Fosa; 2 – Fallas inversas; 3 – Fallas trascurrentes; 4 – Fallas transpresivas dextrales; 5 – Fallas inversas inactivas; 6 – Dorsales; 7 – Rotación del bloque; 8 – Dirección del esfuerzo principal; 9 – Movimiento relativo de las placas. (Tomado de Tibaldi & Ferrari, 1992)

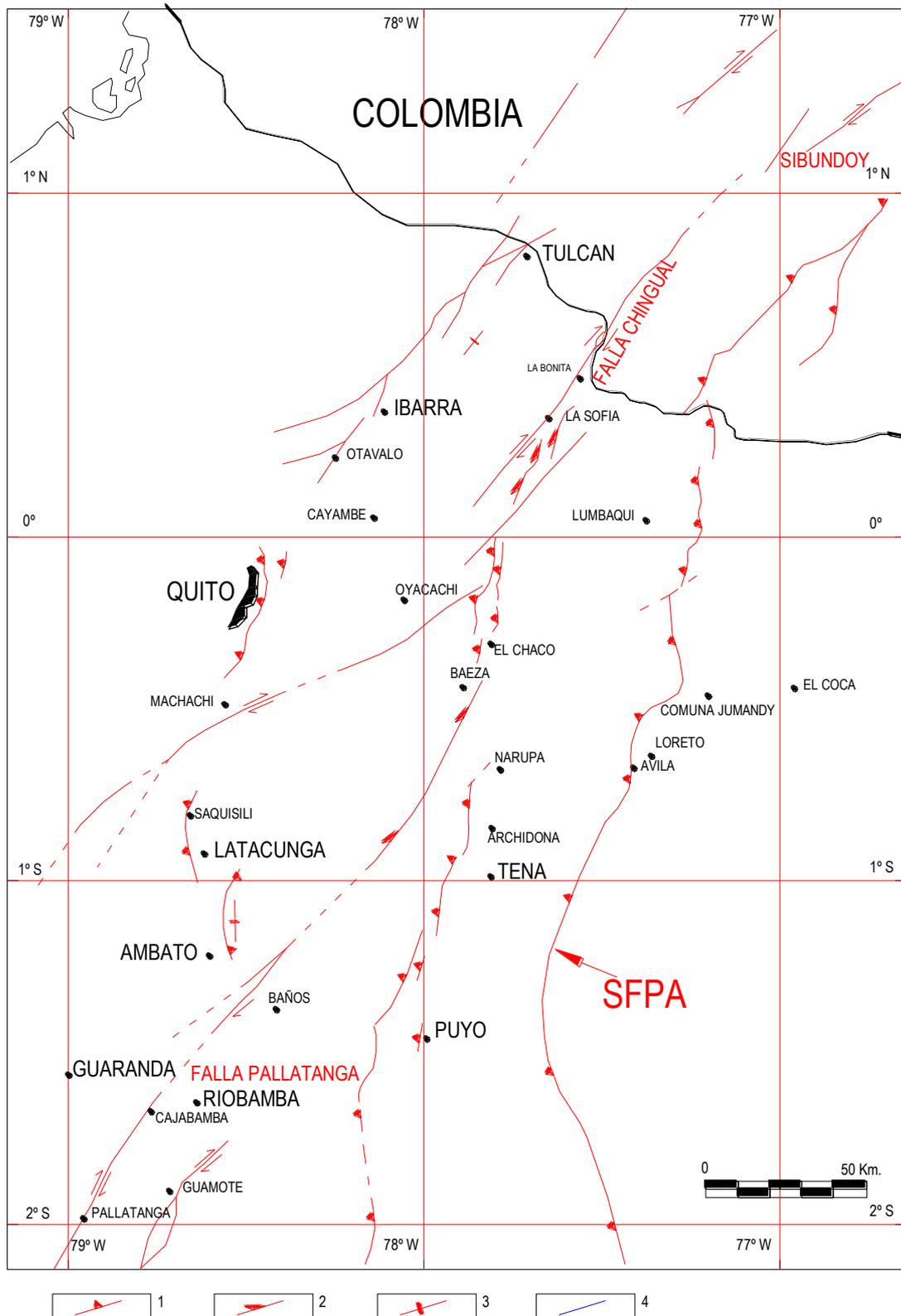


Figura 06. Mapa de Fallas Activas del nororiente del Ecuador. 1- Falla Inversa; 2- Falla Inversa con componente dextral; 3- Pliegue; 4- Ríos; SFPA- Sistema Frontal de Piedemonte Andino Oriental. (Soulas et al, 1991)

AMBIENTE TECTÓNICO LOCAL

El sistema de la falla Pallatanga forma parte del sistema transpresivo dextral que limita el Bloque Norandino. Se inicia en el golfo de Guayaquil limitando el graben de Jambelí con rumbo N50°E – N70°E y atraviesa la cordillera occidental, tomando una dirección N30°E en el curso del Río Pangor, y se conecta con fallas inversas N-S de la depresión interandina. (Winter et al, 1993)



Foto 5. Alineación del río Pangor

El trazo de este sistema fallado se evidencia claramente en imágenes satelitales, formando un rasgo lineal a lo largo del Río Pangor y se prolonga al norte hacia la población de Cajabamba, zona a la cual se atribuye el epicentro del sismo de 1797, que destruyó la ciudad de Riobamba Antigua (Winter & Lavenu, 1989)

Otros ramales menores, pertenecientes a este sistema mayor dextral, se identifican en la zona de Guamote, falla Guamote, la cual es un sistema dextral que se encuentra activo.

A más de estos rasgos claramente evidentes en las imágenes satelitales, se identificaron otros rasgos menores asociados. La mayoría de estas fallas se forman por reorganización de los esfuerzos y son provocados por la actividad de la falla de Pallatanga, la cual presenta una velocidad de movimiento de 4 mm/año (Soulas, 1991)

Fallas normales de menor tamaño son asociadas a este sistema, en una de estas zonas se forma una cuenca pequeña de tipo pull-apart, en la que se ubica la ciudad de Pallatanga (Winter & Lavenu, 1989). Otros sitios que presentan fallas normales han sido identificados en las imágenes satelitales.

La falla Chimbo es un lineamiento observado en imágenes satelitales y aún no se han encontrado evidencias claras en el campo, a esta falla se la relaciona con la sutura entre la Unidad Pallatanga y la Unidad Macuchi, en la actualidad posiblemente se encuentra afectando rocas jóvenes.

La falla de Peltetec, se trata de una zona de sutura antigua que une los terrenos de la división Guamote con los de la división Alao.

Falla de Ingapirca, presenta lineamientos muy claros y algunas evidencias de su actividad relacionados con grandes deslizamientos.

SISMOTECTONICA.

El catálogo CERESIS 1991 contiene datos de sismos desde 1541 hasta 1991, de estos datos se usaron solamente los sismos que presentan datos de profundidad y magnitud, quedando solamente los sismos comprendidos entre 1901 y 1991 (Fig. 07)

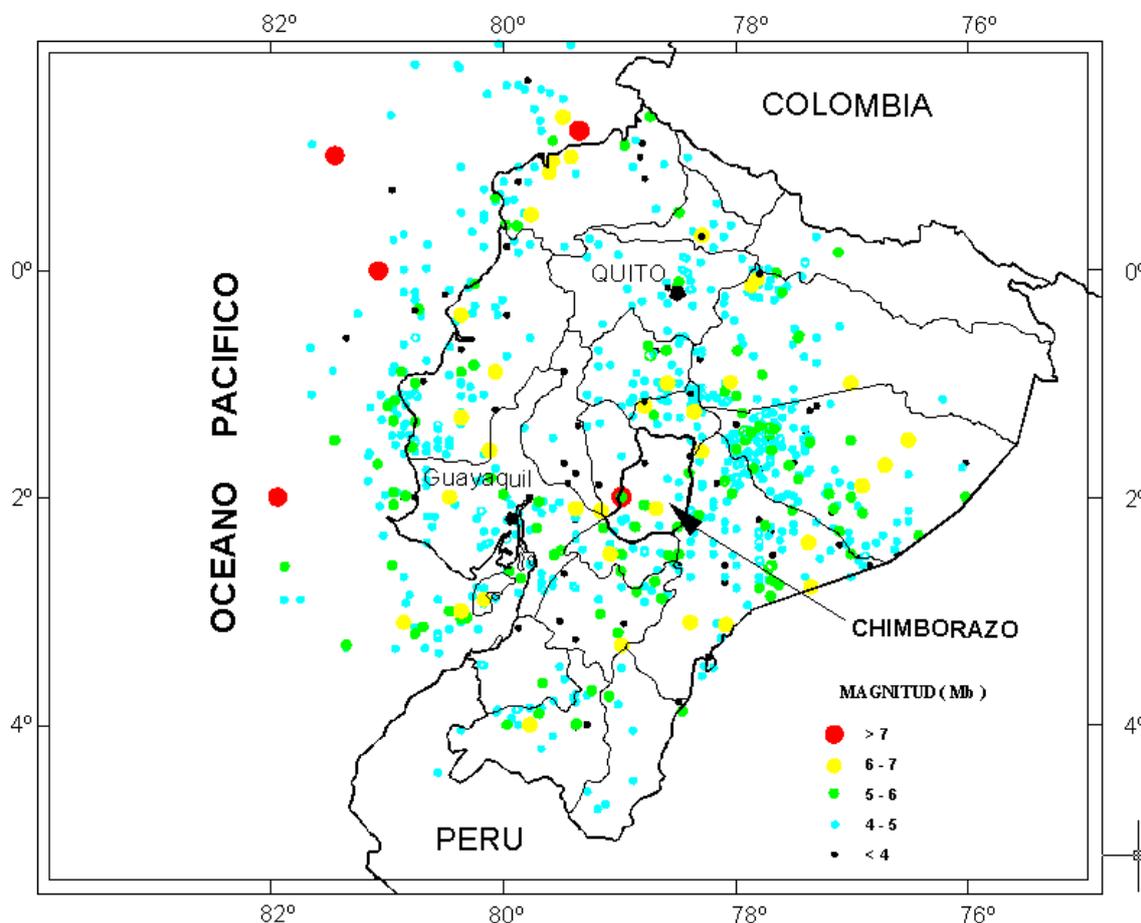


Figura 07. Distribución espacial de la sismicidad histórica en el período 1901 - 1991

Del análisis de los datos observados en la figura 6, se determina que las fuentes sismogénicas que influyen en la provincia de Chimborazo son: La zona de subducción y el sistema transpresivo dextral.

Zona de Subducción

Sismos con magnitudes mayores a 6 se han reportado a lo largo de la costa ecuatoriana delimitado la zona de subducción; entre estos se tiene:

- Frente a las costas de Guayaquil 1901, con Ms 7.8 e intensidad 8 K.
- Esmeraldas 1906, con Ms 8.6 e intensidad de 9 K para la costa Norte de Esmeraldas y Sur de Colombia. Este sismo es uno de los 5 sismos de mayor magnitud en el mundo.
- Bahía 1942, con Ms 7.9
- Guayaquil 1943, con Ms 6.9 y 6 K de intensidad.
- Frente a las costas de Machala 1953, con Ms 7.8 e intensidad de 8 K
- Bahía 1956, con Ms 6.9, intensidad de 8 K
- Esmeraldas 1976, Ms 6.7, intensidad de 8 K

Aunque la actividad de la zona de subducción es elevada, se considera que para el caso de la provincia de Chimborazo las intensidades serían menores a ∇ (ver Tabla 5), para los sismos de mayor magnitud citados anteriormente.

Sistema Mayor Dextral

El sistema de falla Pallatanga constituye la principal fuente sismogénica de la región, dado su carácter dextral, con desplazamientos de alrededor de 4.0 ± 1.0 mm/año (Winter & Lavenu, 1989). Su sismo máximo probable sería de Ms 7.4, con un período de retorno de 600 a 1200 años (Soulas et al, 1991), este evento sería similar al ocurrido el 4 de febrero de 1797 el cual presentó una intensidad de 11K (EGRED, 1981).

Otros ramales como la falla Guamote no alcanzarían a generar sismos de más de 7 Ms (Soulas et al, 1991). Ramales menores entre estos sistemas identificados en imágenes satelitales podrían presentar rupturas subsidiarias asociadas a un sismo principal en cualquiera de estas dos fuentes, ya que por sí solos no presentan características de actividad para poder generar sismos de mayor magnitud.

Para el análisis de la sismicidad histórica relacionada a este sistema dextral, se usaron focos de sismos someros con profundidad menor a 70 Km (Fig. 08), dada las características de las fallas de la región. Los sismos ubicados cerca de la fosa son relacionados con la subducción, mientras que, los sismos ubicados en el continente están relacionados a los sistemas de fallas activas.

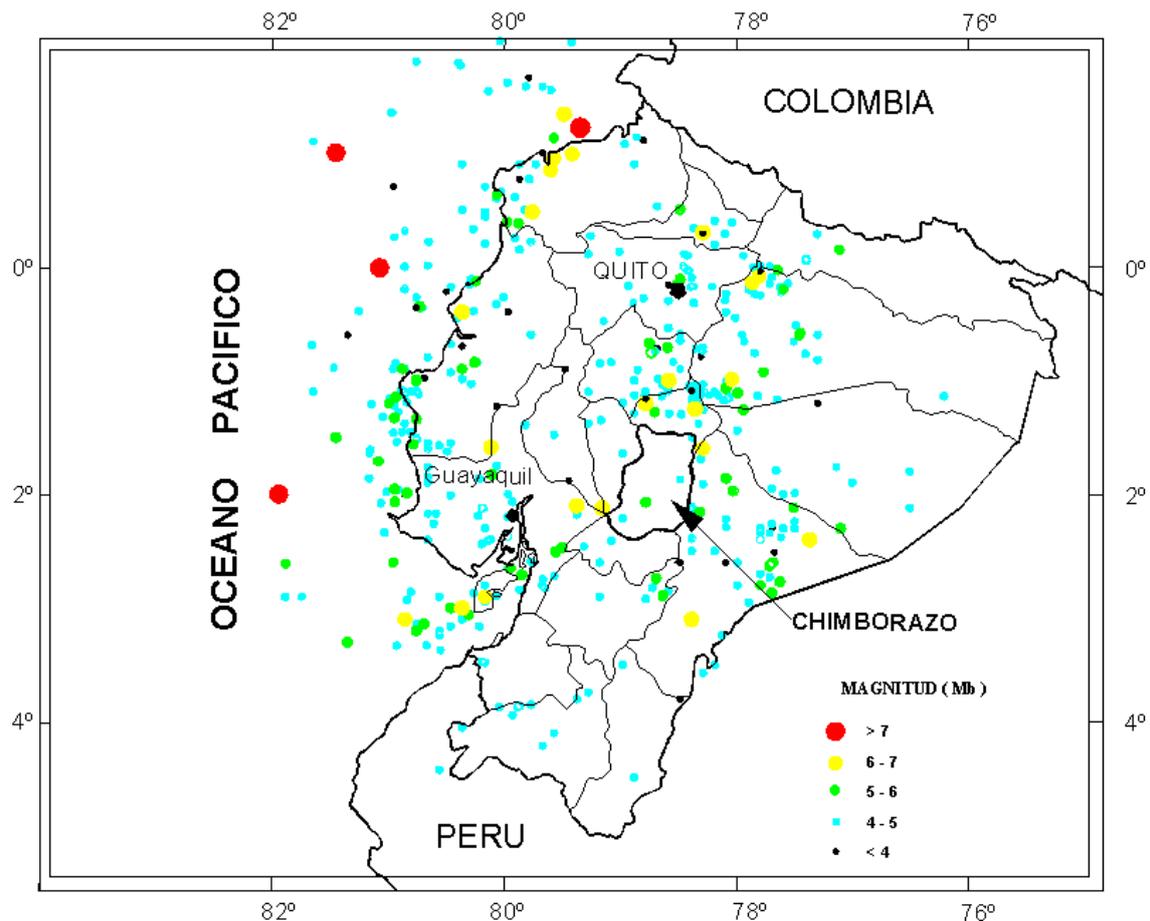


Figura 08. Sismicidad histórica en el período 1901 – 1991, profundidad menor a 70 Km.

De estos sismos solamente 2 se podría decir que están relacionados al sistema de fallas Pallatanga y Guamote. El primero ocurrido el 8 de abril de 1961, al cual se le asigna una magnitud Mb 6.1 con intensidad de 4 K, el cual estaría asociado a la Falla Pallatanga. El otro

sismo ocurrió el 25 de octubre de 1964 y estaría asociado al sistema de fallas de Guamote, la intensidad alcanzada por dicho evento es de 7 K (CERESIS, 1991).

En base a los datos de intensidades obtenidos del catálogo del CERESIS se graficaron los sismos con intensidades MM (Mercalli Modificada) en el período comprendido entre 1541 y 1991 (Fig. 09).

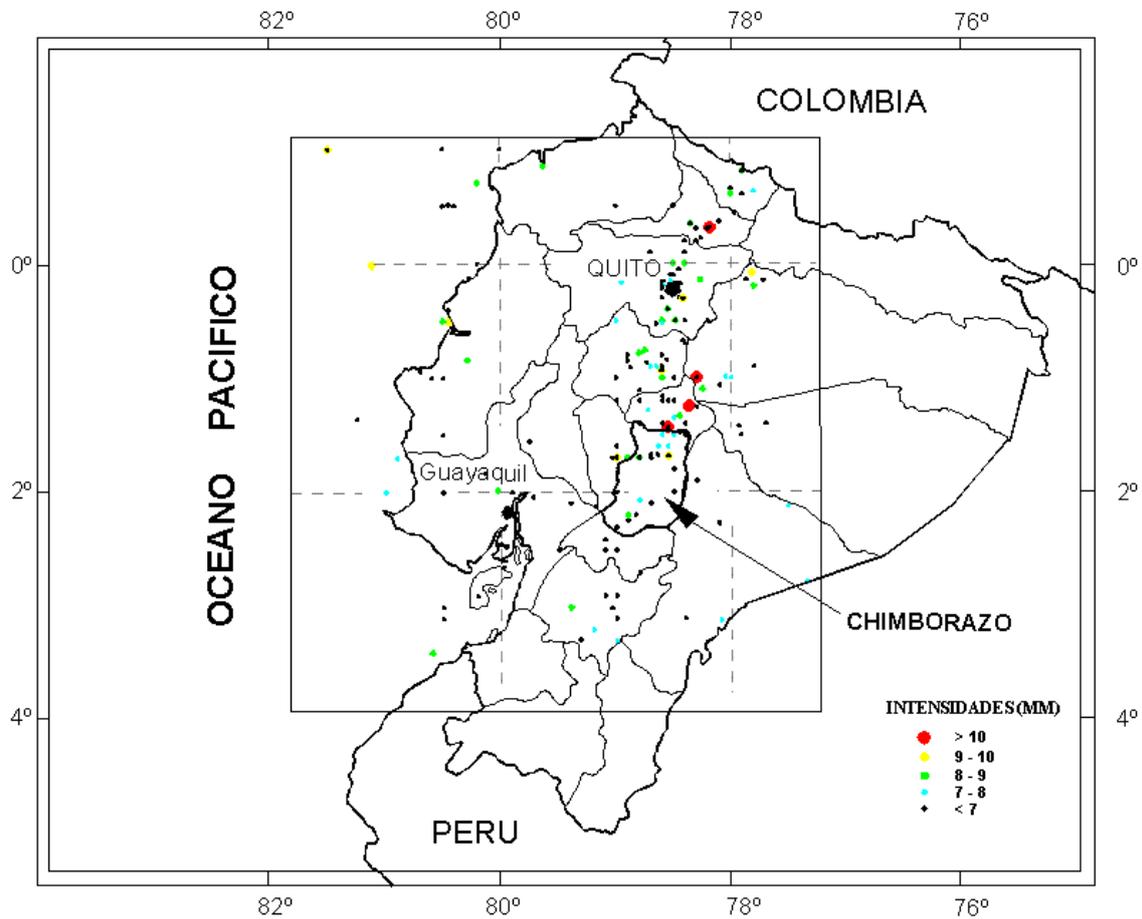


Figura 09. Intensidades máximas registradas en el período 1541 – 1991

En la Tabla 5 se presenta una comparación entre magnitud e intensidad registrada en zonas cercanas al epicentro de un sismo (USGS-NEIC, 2002).

Comparación Magnitud / Intensidad		
Magnt.	Intensi.	Descripción
1.0 - 3.0	I	I. No sentido, excepto por muy pocos bajo condiciones especialmente favorables.
3.0 - 3.9	II - III	II. Sentido por pocas personas en descanso, especialmente en pisos altos de edificios. III. Sentido notablemente por personas en casa, especialmente en pisos altos de edificios. Alguna gente no reconoce esto como un sismo. Carros estacionados pueden moverse. Vibraciones similares al paso de un camión. Duración estimada
4.0 - 4.9	IV - V	IV. Sentido por muchos dentro de casa, fuera de casa por pocos en el día. En la noche, algunos se despiertan. Platos, ventanas y puertas son movidos; paredes crujen. Sensación similar a si un camión pesado choca con un edificio. Carros estacionados se mueven notablemente V. Sentido por la mayoría; muchos se despiertan. Algunos platos y ventanas se rompen. Objetos inestables se rompe. Relojes de péndulo pueden parase.
5.0 - 5.9	VI - VII	VI. Sentido por todos, muchos se asustan. Algunos muebles pesados se mueven; en algunos casos caen revestimientos. Daños ligeros. VII. Daños insignificantes en edificios de buen diseño y construcción; ligeros a moderados en estructuras ordinariamente bien construidas; daños considerables en construcciones malas o estructuras mal diseñadas; algunas chimeneas se rompen.
6.0 - 6.9	VII - IX	VIII. Daños ligeros en estructuras especialmente diseñadas; considerables daños en edificios ordinariamente construidos, colapso parcial. Grandes daños en estructuras mal construidas. Caída de chimeneas, pilas en fabricas, columnas, monumentos, paredes. Muebles pesados se vuelcan.. IX. Daños considerables en estructuras especialmente diseñadas; columnas son afectadas; grandes daños en edificios, con parcial colapso. Cimientos de edificios afectados.
7.0 y mayor	VIII o mayor	X. Estructuras de madera bien construidas son destruidas; mayoría de albañilería y columnas son destruidas junto con cimientos. Rieles curvadas. XI. Pocas estructuras permanecen en su posición. Puentes destruidos. Rieles muy curvados. XII. Daño total. Ondulaciones en el suelo. Objetos son lanzados al aire.

Tabla 5 Comparación entre Magnitud e Intensidad.

A continuación se describe la *clasificación de estructuras, cantidades y daños* usados en la escala MSK (Medvedev y Sponheuer, 1969) que en muchos países de Europa es la escala oficial incluida en las normas sismo-resistentes:

a) Tipo de estructuras: (Se excluyen estructuras sismo - resistentes)

Tipo A: Bloques de piedra sin trabar; piedras y barro como mortero; adobes. Canto rodado y barro (formando hormigones), tapial ordinario, piedra asentada con trabazones, ladrillo de teja asentado con mortero pobre.

Tipo B: Construcciones de ladrillo sin reforzar y de bloques prefabricados; construcciones de sillar o piedra natural cortada. Estructura de pilares de concreto o acero.

Tipo C: Edificios reforzados con elementos dúctiles, de acero o de concreto armado. Estructuras de concreto y acero de nudos soldados o empernados, sin consideración especial de simetría. Casas de madera bien diseñadas.

b) Definiciones de Cantidad:

Las expresiones siguientes usadas en la descripción, significan:

- Algunos, pocos o muy pocos = 5% aproximadamente.
- Mucho o muchas = 50% aprox.
- La mayor parte o la mayoría = 75% aprox.

c) Clasificación de los daños:

Clase 1: Daños leves: Fisuras en los revestimientos, caída de pequeños trozos de revoque.

Clase 2: Daños moderados: Grietas pequeñas en los muros, caída de grandes trozos de revoque, caída de parapetos, grietas en las chimeneas o derrumbamientos parciales en las mismas.

Clase 3: Daños severos: Grietas grandes y profundas en los muros; caída de chimeneas.

Clase 4: Destrucción parcial: Brechas y grietas en los muros; derrumbamiento parcial de los edificios; agrietamiento entre distintas partes o secciones de las construcciones; colapso de paredes interiores y muros.

Clase 5: Colapso o destrucción total de las construcciones o de sus partes vitales.

d) Agrupamiento de los Criterios de Intensidad:

- a) Personas y circunstancias en que perciben el sacudimiento
- b) Construcciones (estructuras)
- c) Fenómenos naturales relacionados.

A continuación se describen los dos grados mayores de la escala.

GRADO VIII: SEVEROS DAÑOS EN EDIFICIOS

- a) Susto y pánico general, incluso en las personas que conducen automóviles. En algunos casos se desgajan las ramas de los árboles. Los muebles, incluso los pesados, se desplazan o vuelcan. Las lámparas colgadas sufren daños parciales.
- b) Muchas construcciones tipo "A" sufren destrucción de clase 4 y algunas colapso (clase 5). Muchas construcciones de tipo "B" sufren daños graves (clase 3) y algunas destrucción (clase 4). Muchas construcciones de tipo "C" sufren daños moderados (clase 2) y algunas graves (clase 3). En ocasiones se produce la rotura de tuberías y canalizaciones. Las estatuas y monumentos se mueven y giran. Se desploman muros de piedra. Se arrancan cables de teléfono y alumbrado eléctrico.
- c) Pequeños deslizamientos en las laderas de los barrancos con pendientes pronunciadas, y en los taludes de las carreteras. Grietas en el terreno hasta de varios centímetros de ancho. Variación de los niveles freáticos, en muchos casos cambian el flujo de las vertientes y el nivel de agua de los pozos. Aparecen nuevas lagunas y manantiales. Durante el sismo, se ven "olas" en la superficie del terreno.

GRADO IX: DESTRUCCIÓN PARCIAL DE EDIFICIOS

- a) Pánico general; daños considerables en los muebles. Los animales corren confusamente y emiten sus sonidos peculiares.
- b) Muchos edificios de tipo "C" sufren daños de clase 3, algunos de clase 4; muchos edificios de clase "B" muestran daños de clase 4, unos pocos de la clase 5; muchos edificios de clase "A" sufren daños de clase 5. Pilares y monumentos se voltean. Daños considerables en los reservorios de agua artificiales; algunas tuberías subterráneas se rompen. En casos aislados se doblan o deforman las líneas ferroviarias y se dañan las carreteras.
- c) Terrenos planos se inundan de agua y se notan frecuentes depósitos de lodo y arena; se abren grietas en el terreno, hasta de 10 cm. de ancho, y aún mayores en las riberas y pendientes; aparece una gran cantidad de grietas menores en el terreno; derrumbes en pendientes fuertes y taludes de carreteras con caída de materiales rocosos o no consolidados; se observan grandes olas sobre el agua; tsunamis en mares profundos; se secan o renuevan pozos de agua.

Sismo de 1797

Para la evaluación de las amenazas sísmicas en la provincia del Chimborazo es necesario tomar como base las características del sismo ocurrido el 4 de febrero de 1797, ya que se considera el sismo máximo probable a repetirse.

La mayoría de catálogos y estudios ubican al epicentro de este sismo en la zona de Cajabamba (Egred, 1981 y Winter & Lavenu, 1989), sin embargo, la ubicación según CERESIS (1991) está en las fallas de Pisayambo o Huambaló más al norte de Riobamba (Fig. 06).

La intensidad alcanzada en la zona de Riobamba fue de XI, mayormente asignada por la destrucción que provocó el derrumbe del Cerro Culca, además se produjeron varios deslizamientos entre Guamote y Latacunga. Historiadores estiman el número de víctimas en aproximadamente 40.000 (Velasco, 1789), aunque estudios más actuales estiman que el número de víctimas fue menor (CERESIS, 1985).

Aceleraciones Esperadas

Los factores que influyen en la aceleración sísmica o sacudimiento de terreno en un lugar son: Fuente sísmica, trayectoria de la onda desde la fuente hasta el lugar y factores locales.

Aceleraciones máximas determinadas por Bonilla et al (1992), dan valores de entre 60 y 100 gales para un período de retorno de 200 años y 22% de probabilidad de excedencia en 50 años. Mientras que, para un período de retorno de 475 años y 10% de probabilidad de excedencia en 50 años dan valores de 70 a 110 gales.

Aceleraciones de 0.46 a 0.23 g son estimadas en las zonas cerca de la falla Pallatanga, el valor de aceleración de 0.3 g se iguala con un evento de intensidad entre VII y IX en la escala de Mercalli (OEA/MIN. ENERGÍA Y MINAS, 1992).

Los impactos de los sismos en la infraestructura pueden ser directos o indirectos. Los impactos directos están relacionados con la aceleración que un sitio experimenta durante el desarrollo del sismo. En cambio, impactos indirectos como deslizamientos de terreno pueden ser producidos en áreas con inestabilidades geológicas y pendientes fuertes. Estos sitios deben ser identificados con el fin de prevenir efectos secundarios al producirse un sismo.

3.4 AMENAZAS VOLCÁNICAS.

Introducción.

El Ecuador forma parte del denominado "Cinturón de Fuego del Pacífico", una parte de esta cadena constituida por volcanes activos, abarca desde Estados Unidos al norte hasta Chile al sur. Muchos de los países ubicados en esta región han sido afectados por erupciones de volcanes como: Santa Helena (USA), Popocatepetl (México), Arenal (Costa Rica), Nevado del Ruiz (Colombia), Guagua Pichincha y Tungurahua (Ecuador), Azul (Chile), entre otros.

La distribución de los volcanes en la Tierra esta genéticamente relacionada a los límites de placas tectónicas. El 80% de estos se encuentran en límites convergentes o zonas de subducción.

El Ecuador se encuentra en un limite de placas convergente, en el cual la placa oceánica Nazca se introduce bajo el continente sudamericano (placa Sudamericana). La fusión de la placa oceánica produce magma, que al salir a la superficie forma eventos volcánicos en la placa Subyacente.

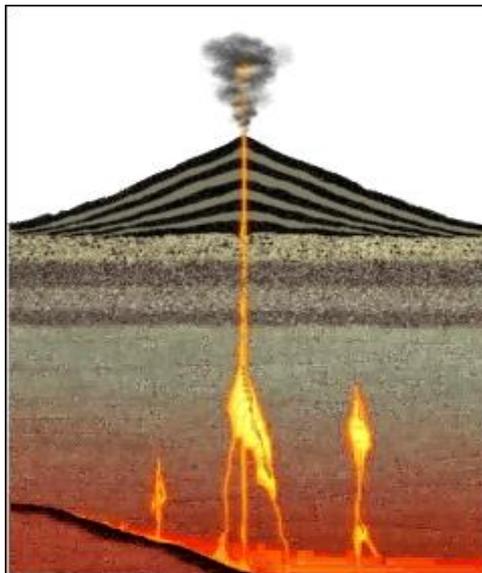


Fig. 10 Fusión de corteza oceánica y formación de edificio volcánico.

Por estas características geológicas el Ecuador presenta varios volcanes activos que podrían presentar reactivaciones futuras, como es el caso de los volcanes Guagua Pichincha (AFG 01) y Tungurahua, los cuales entraron en un proceso eruptivo desde 1999.

El estudio de amenazas y riesgos asociados a la actividad volcánica en el Ecuador se hace indispensable para la ejecución de cualquier proyecto, dado el gran alcance que puede tener una erupción volcánica, provocando daños, no sólo en una región, sino en un país.

En vulcanología la evaluación de las amenazas resulta una función compleja de factores como: que un volcán entre en período de erupción, el tipo de erupción y la zona a la que podría afectar dicha erupción (INECEL, 1998).

Para tener un buen control del período y tipo de erupción de un volcán se debería tener un registro pormenorizado de las erupciones anteriores, pero dado que el período de recurrencia de un volcán generalmente supera los centenares de años, es muy difícil poder llevar tal registro. Por tal motivo, se tiene que realizar un exhaustivo análisis de los productos de erupciones, realizando una caracterización petrográfica, mineralógica, geoquímica y la determinación de edades.

En nuestro país pocos son los volcanes que poseen un registro detallado de los períodos y tipo de erupciones que presentan. Los estudios que se han realizado se centran, como es lógico, en volcanes que presentan mayor peligro hacia las poblaciones e infraestructura del país, tal es el caso que volcanes muy activos, como el Sangay ubicado en una zona en donde no representa peligro (AFG 02), no han sido estudiados en detalle.

Se cree que en el Ecuador existen al menos 26 edificios volcánicos potencialmente activos (Hall & Beate, 1991). En la tabla No. 6 se listan los volcanes activos con probabilidad de erupcionar en un futuro, aunque algunos de ellos por su período de erupción de cientos y miles de años, es poco o nada probable que suceda en nuestras vidas.

VOLCAN	Ultima Erupción Importante	Recurrencia
Cotopaxi	1877 DC	100 años
Tungurahua	1916 – 18	100 años
Guagua Pichincha	1660 DC	500 a 600 años
Antisana	1700 DC	?
Reventador	1976 DC	30 años
Quilotoa	900 AP	15000 años
Sangay	Activo continuamente	Permanente
Sumaco	Histórica	?
Cuicocha	3000 – 3100 AP	?
Pululahua	2300 AP	8000 años
Chimborazo	5000 AP	?
Imbabura	14300? AP	?
Mojanda	3400?	?
Ninahuilca	2400 AP	?
El Soche	9760 AP	?
Caldera de Chacana	Histórica	
Chachimbiro Cerro Negro Iliniza Pílaro Puñalica Putzalahua Rasayacu Tulabug/Aulabug Calpi Chachimbiro	Volcanes que al parecer han experimentado actividad durante los últimos 10000 – 40000 años y requieren estudios en detalle	

* Samaniego et al, 1998.

Tabla N 06. - Volcanes activos del Ecuador (Modificado de Hall & Beate, 1991).

Caídas de Ceniza.

La Ceniza está compuesta de materiales finos (< 2 mm) producto de la pulverización de rocas al producirse una explosión volcánica. Estos materiales son lanzados a la atmósfera y llevados por el viento, produciéndose posteriormente la caída de este material.

El peligro asociado a la caída de cenizas depende de la cantidad que pueda depositarse en una zona y en un lapso determinado, grandes acumulaciones de ceniza causan el colapso de los techos de viviendas, taponamiento de alcantarillas y drenajes, contaminación del agua, afectan a la flora y fauna, producen molestias oculares y pulmonares, modifican el sistema de vida de las personas en una región, habiendo casos extremos en los que se necesita evacuar el lugar para salvaguardar la vida de las personas.

Dependiendo de la dirección y velocidad del viento, altura de la columna, masa emitida, velocidad de caída de la columna y coeficiente de difusión, la distribución de las cenizas puede ser restringida o tener características regionales.

Flujos de Lodo.

Los flujos de lodo o lahares pueden ser primarios o secundarios. Los flujos de lodo o lahares primarios se producen por la fusión del casquete glaciar, mientras que, los flujos de lodo secundarios son producidos por la movilización de productos volcánicos por lluvias subsiguientes al proceso eruptivo, producidas días, horas o meses después de una erupción.

4. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD FISICA

4.1 PREDISPOSICIÓN POR AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS

Inundaciones

Las inundaciones provocadas por fenómenos Hidrometeorológicos, son la causa de impactos catastróficos por la erosión del río Chambo y Chanchán sobre infraestructura y áreas productivas del Cantón Cumandá, en la parte más baja de la Provincia de Chimborazo.

El Niño, considerado como un evento oceánico-atmosférico, siempre ha constituido una amenaza con impactos críticos, como las ocurridas en los inviernos de 1982 – 1983 y 1997 – 1998 (De mayor magnitud e intensidad del siglo pasado).

El aporte de agua más importante es la copiosa precipitación, de su variación e intensidad dependerá la generación de grandes volúmenes de agua, que aumentarán el caudal de los principales ríos, degradando sus desagües, principalmente en zonas de alta deforestación.

La sedimentación en los terrenos bajos produce colmatación, y al haber un exceso de agua fluvial, se generan desbordamientos e inundaciones.

En las zonas bajas de la Provincia de Chimborazo, principalmente en el Cantón Cumandá, deben propiciarse proyectos encaminados al manejo y la reducción del peligro por inundaciones, así como la concientización de la población.

Desertificación por déficit de escorrentía

Las zonas con déficit de escorrentía se consideran como los ecosistemas más frágiles y aportan al empobrecimiento de la población, reduciendo significativamente la productividad de las comunidades.

El clima, erosión eólica y mal manejo de los suelos ha llevado a incrementar las zonas sin vegetación permanente, empobrecimiento de los suelos, cuencas hidrográficas degradadas y desarrollo de ambientes semidesérticos.

Según la FAO: "La rehabilitación de las tierras degradadas en las zonas áridas es un proceso de larga duración que exige crear un marco normativo e institucional que asegure la conformidad y participación de todos los usuarios interesados (especialmente las poblaciones rurales) para corregir las deficiencias en materia de explotación que han desembocado en la degradación de los recursos".

De acuerdo a los estudios de teledetección multi-temporal se evidencia un avance de áreas con déficit de escorrentía y avance de la erosión, desde la porción centro sur de la provincia hacia el norte, principalmente hacia el noroeste, es decir desde Palmira hacia Colta, Cajabamba y alrededores de San Juan.

4.2 PREDISPOSICIÓN POR AMENAZAS DE MOVIMIENTOS DE TERRENO

Se considera que las zonas más expuestas a la ocurrencia de movimientos de laderas, se relacionan con vertientes de laderas con fuertes pendientes, previamente tectonizadas y distribuidas en los valles más importantes que drenan la provincia de Chimborazo.

En el Valle del río Chambo, además de los factores morfológicos (pendiente) y tectónico, se suma el factor litológico y la presencia de agua subterránea, desarrollando procesos de deslizamientos en las laderas a lo largo de todo el valle. En la cuenca baja, debido al factor litológico las vertientes orientales del valle del río Chambo son las más vulnerables, principalmente los drenajes afluentes como el río Blanco que desarrollan valles muy vulnerables a los procesos geodinámicos.

En la cuenca alta del río Chimbo, el río Pangor talla profundos valles alineados a la falla Pallatanga en cuya zona de actividad tectónica directa, se desarrollan procesos gravitacionales que inestabilizan las vertientes y en suma con la actividad erosiva del río, desarrollan áreas muy vulnerables, cuyos efectos directos ponen en riesgo zonas pobladas.

Al Sur Oeste de la Provincia del Chimborazo, el río Chanchán, es una histórica y permanente amenaza sobre el ferrocarril; este accidente geográfico desarrolla una profunda incisión en la Cordillera hacia su vertiente Occidental, desniveles que favorecen la propagación de grandes zonas inestables en las riberas del río, pero principalmente en mesetas altas influenciadas por la saturación de los terrenos que permanentemente se encuentran reptando.

En la parte alta del río Chanchán, así como en su afluente, el río Alausí, las laderas son propensas a hundirse y las más cercanas al cauce a desplomarse. La zona es muy conocida por sus efectos sobre las vías de comunicación que han sido interrumpidas por largo tiempo, e incluso ciertos tramos han sido permanentemente abandonados.

En la zona de Tixán la acción hidrotermal altera profundamente las rocas, aumentando su vulnerabilidad.

Hacia el Sur Este el drenaje del río Juval, en la cuenca alta del río Paute en su tramo inferior, presenta laderas vulnerables a la reptación de los suelos debido a la combinación de factores litológicos, estructurales y topográficos.

Se han determinado tres zonas de alta amenaza, propensas a movimientos de terreno que se encuentran asociados principalmente a rasgos morfológicos, litológicos y tectónicos, como es el caso de los terrenos aledaños al Sistema de Fallas Pallatanga (Mapa de Amenaza Alta por Movimientos de Terrenos – Sector Centro); en el sector Nor-este se observa que los terrenos con mayor amenaza se encuentran relacionados al factor litológico, caracterizado por un material poco consolidado, (Mapa de Amenaza Alta por Movimientos de Terrenos – Sector Norte); el tercer sector (Mapa de Amenaza Alta por Movimientos de Terrenos – Sector Sur), es el que presenta la mayor amenaza debido a un aspecto combinado de fuertes pendientes con la presencia de fallas tectónicas activas.

En general se tiene un área aproximada de 180.500 Ha que presentan alta amenaza a los movimientos de terreno (Mapa de Amenazas por Movimientos de Terrenos), de un total de 649.090 Ha que corresponden al área total de la provincia de Chimborazo, representando alrededor de un 30% de mayor afectación.

4.3 PREDISPOSICIÓN POR AMENAZAS SISMOTECTONICAS

Se considera al Sistema de Fallas Pallatanga la zona de mayor vulnerabilidad por fenómenos sismotectónicos, debido a su naturaleza regional y a su actividad, este rasgo es parte de un sistema mayor que atraviesa la placa tectónica del Continente Americano, desde el Golfo de Guayaquil hasta Venezuela, incide directamente en la actividad sismotectónica de la Provincia del Chimborazo.

Es importante también, aunque menos regional, la falla Guamote - río Chambo, en cuyas cercanías existe amenaza de origen sismotectónico. La intensidad de ésta depende de la cercanía a la estructura.

4.4 PREDISPOSICIÓN POR AMENAZAS VOLCÁNICAS

Los fenómenos volcánicos están relacionados con los volcanes Tungurahua, Chimborazo y Altar, generando:

- Flujos de lava: Son corrientes de roca fundida que, en el caso de los volcanes que se encuentran en la Provincia, afectarían principalmente a los drenajes cercanos al cráter.
- Flujos de lodo: Se trata de una mezcla de material volcánico sólido (roca, ceniza), otros materiales y agua en proporciones variables, que viaja pendiente abajo, siguiendo el curso de los principales drenajes.

De acuerdo al mapa de peligros volcánicos potenciales asociados con el Volcán Chimborazo la zona de mayor peligro la constituyen los cauces encañonados hasta una altura de 80 m y la franja de menor peligro se extiende sobre los 120m sobre el nivel de los ríos.

Los drenajes vulnerables son :

Río Guano y Chibunga, cuyo efecto continuaría por el Chambo, afectando las poblaciones de San Andrés, Guano, San Juan, Calpi, San Luis y parcialmente la Ciudad de Riobamba.

Con respecto al volcán Tungurahua, las zonas afectadas por los flujos de lodo producidos por erupciones son las poblaciones aledañas a los drenajes de los flancos del volcán. ((Mapa por Amenaza Volcánicas).

- Caída de piroclastos: Se refiere a los fragmentos de roca fundida o sólida de diversos tamaños, desde bloques y bombas hasta polvo volcánico, que son expulsados a la atmósfera durante una erupción. La duración de las erupciones de piroclastos varían desde una simple explosión de pocos segundos hasta una de varias horas o días. Estos fenómenos, dependiendo de la dirección e intensidad del viento, define áreas más vulnerables de 5 Km, intermedias hasta los 10Km y bajas a más de los 10 Km, tanto en el caso del Tungurahua como el Chimborazo. Los elementos más afectados han sido por una parte la población con efectos en su salud y por otro lado los cultivos, pastizales y en menor grado las viviendas.
- Flujos piroclastos: Se refiere a nubes ardientes (cargadas de material volcánico) que se deslizan a gran velocidad por los flancos de un volcán. Los sectores que se encuentran cercanos a los volcanes serían afectados.

El Volcán Tungurahua es una amenaza latente sobre terrenos de la provincia de Chimborazo y es el mayor exponente del riesgo volcánico del país, y su amenaza es múltiple: flujos de lodo, piroclastos y lava.

El volcán Chimborazo es una amenaza para las partes bajas de Riobamba y las poblaciones de San Luis, Cubijíes, San Andrés y Guano, su principal fenómeno de peligro es un posible flujo de lodo.

El volcán Altar está relacionado con avalanchas y afecta principalmente la cuenca del río Blanco.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La gran diversidad de fenómenos físico naturales a los que se encuentra expuesta la Provincia de Chimborazo, así como la huella del historial de desastres sobre la población, nos enseñan la enorme importancia que este tema tiene para el desarrollo sustentable de la Provincia, el conocimiento y concientización de las amenazas naturales y el manejo de la variable **riesgo**.
- El presente estudio es una primera evaluación de las amenazas naturales en la Provincia de Chimborazo, su aporte es la organización de datos y presentación de nueva información sobre las amenazas naturales. Sin embargo, por su alcance y limitaciones es una información de base que requiere de estudios complementarios, por lo tanto se recomienda:
 1. Complementar el presente estudio, en los aspectos que por las limitaciones de tiempo no han podido ser desarrolladas completamente.
 2. Proceder en la elaboración de un estudio cuantitativo y cualitativo de vulnerabilidad y riesgos en el cual se evalúen las posibles consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos naturales.
 3. Continuar con el estudio de prevención de riesgos mejorando el detalle de la cartografía, con proyectos de levantamientos temáticos localizados en las zonas más vulnerables, las mismas que se indican en el presente trabajo.
- Los mapas generados durante el estudio, son:
 - Mapa de deslizamientos
 - Mapa de amenazas por movimiento de terrenos inestables
 - Mapa de amenazas sismotectónicas
 - Mapa de amenazas volcánicas
 - Mapa de Vulnerabilidad Geodinámica en relación con Asentamientos Poblacionales

Cada mapa muestra zonas con diferente grado de amenaza para cada tipo de fenómeno.

- La identificación de los sitios críticos, se realizó confrontando con cada uno de los componentes a ser estudiados, identificándose los sectores que pueden ser considerados críticos.

Por flujos de lava:

Infraestructura potencialmente afectada durante una erupción grande del volcán Tungurahua, serían las poblaciones asentadas en los flancos Sur y Sur-oeste del volcán pertenecientes al cantón Penipe y la Parroquia Puela.

Flujos pirolásticos:

Las zonas más afectadas por estos fenómenos son las que se encuentran circundantes al volcán.

Por flujos de lodo:

Los sectores más afectados por este tipo de fenómenos son los que se encuentran en la vertiente occidental del volcán Tungurahua, en especial las poblaciones asentadas a lo largo de la vía Baños – Riobamba, que por el momento se encuentra inhabilitada.

Las laderas orientales del volcán Chimborazo serían también zonas de amenaza alta por este tipo de fenómenos, se encontrarían afectadas zonas como San Juan, Calpi, Riobamba, Guano, San Andrés, así como también las comunidades cercanas a los márgenes de ríos y quebradas provenientes del volcán y afluentes occidentales del río Chambo.

Otro sector con posible amenaza por este fenómeno es el desagüe occidental del volcán Altar, en las poblaciones localizadas en los márgenes del Río Blanco.

Por caída de ceniza:

Durante el período eruptivo del volcán Tungurahua se han visto afectados los cantones de Guano y Penipe por la caída de ceniza y en mayor proporción en las poblaciones ubicadas hacia el Occidente del volcán. El factor que domina este tipo de fenómeno es principalmente la dirección de vientos altos, los que podrían provocar cierta variación de las zonas amenazadas.

Por movimientos de terrenos inestables:

Los sectores de mayor afectación por movimientos de terrenos inestables se encuentran influenciados principalmente por el aspecto litológico y topográfico, además a estos factores debemos incluir la tectónica activa en el sector, infraestructura localizada en sectores encañonados de los grandes ríos.

Se han determinado tres zonas de alta amenaza, propensas a movimientos de terreno que se encuentran asociados principalmente a rasgos morfológicos, litológicos y tectónicos que son: 1) los terrenos aledaños al Sistema de Fallas Pallatanga, 2) en el sector Nor-este (sectores cercanos al río Chambo), y 3) las zonas adyacentes al río Chanchán, con mayor afectación.

- Las recomendaciones para afrontar el avance de áreas deficitarias en escorrentía son:

Desarrollo de sistemas de información: usando GIS y Teledetección

Monitoreo de la teledetección y fijación de las dunas mediante un sistema de ordenación forestal.

Fomentar la concienciación de la gente usando los medios de comunicación.

Desarrollo de proyectos para la lucha contra la erosión, el mejoramiento del manejo del recurso hídrico y abastecimiento de agua, planificación y desarrollo de ordenamiento de bosques y cultivos, y un desarrollo rural sostenible.

- Debido al alto riesgo sísmico que presenta la provincia es importante planificar la reducción de la vulnerabilidad estructural por medio del diseño sismorresistente de nuevas estructuras, la rehabilitación de estructuras existentes, y la reparación y el refuerzo de las estructuras dañadas por un sismo, son todas medidas estructurales viables para la mitigación del riesgo sísmico.

Por inundaciones se encuentra amenazada la infraestructura y población urbana y rural de los cantones localizados en las estribaciones occidentales de la cordillera, principalmente Cumandá.

La población y autoridades deben capacitarse en tareas de prevención de amenazas por inundación mediante campañas de limpieza de canales y acequias, incluso con dragado de ríos, protecciones y drenajes de la calzada vial. Además se deben establecer programas de manejo ambiental para remoción de escombros y desechos sólidos

Para épocas afectadas por "El Niño" las zonas localizadas en las estribaciones occidentales de la Cordillera deben estar dirigidas por Planes de Prevención y Contingencias, el mismo que deberá elaborarse con la participación ciudadana y la guía del ERFEN/PREANDINO/DEFENSA CIVIL.

El trabajo de gestión de riesgos y desastres debe convertirse en una tarea de carácter permanente por parte de las autoridades relacionadas con la protección civil en el manejo constante del riesgo, en oposición a la visión actual donde la protección civil solamente es importante en los momentos inmediatamente anteriores y posteriores a un desastre,

Las políticas públicas deben considerar que la predicción, prevención y mitigación del riesgo son inversiones y no un gasto, pues esta inversión a corto plazo será recuperada al evitar los enormes desembolsos de recursos económicos que se deben hacer, para mitigar un desastre natural ya desencadenado por falta de prevención.

De manera prioritaria debe desarrollarse una amplia gama de estudios y proyectos en los siguientes temas:

- Eventos de amenazas (a escalas de mayor detalle, en el ámbito local), vulnerabilidad y riesgo.
- Ordenamiento territorial,
- Códigos de construcción,
- Planificación del uso de tierras agrícolas,
- Construcción preventiva de obras de infraestructura,
- Educación formal e informal en gestión de riesgos,
- Diversificación agropecuaria,
- Construcción o rehabilitación de sistemas de riego,
- Uso sostenible de los recursos naturales,
- Incentivos para desarrollar proyectos que disminuyan el riesgo.

Para la mitigación de amenazas físico naturales se plantean algunas acciones prioritarias como son:

- Recuperación del páramo
- Recuperación de lagunas afectadas por déficit de aporte hídrico, sedimentación y contaminación (Ej. Colta)
- Drenajes y obras de protección en áreas de mayor amenaza por movimientos del terreno (Ej. Huga, Chunchi, Alausí, Pallatanga)
- Captación y manejo del recurso hídrico, desde los altos páramos y lagunas hacia poblaciones distribuidas en valles inferiores (Ej. Alausí, Guamote, Chunchi)

5.1 Políticas de gestión del riesgo

Es necesario establecer un sistema de gestión del riesgo que desarrolle un mecanismo de pronósticos con estudios de vulnerabilidad de los principales centros poblados, a fin de planificar el asentamiento poblacional futuro, enmarcado en un cambio de mentalidad respecto a las políticas de prevención de riesgo.

Igualmente es necesario zonificar con mejor detalle las zonas vulnerables con el objeto de mitigar las amenazas presentes, implementando proyectos de prevención de riesgos. Es importante el desarrollo de programas de capacitación a la población.

La capacitación consiste en proporcionar a los habitantes, las habilidades necesarias para enfrentar una amenaza. En principio, el objetivo general de éste era impartir las aptitudes técnicas, pero actualmente la capacitación es utilizada cada vez más por las empresas para lograr dos objetivos adicionales:

- Enseñar aptitudes y actitudes para solucionar problemas (actitudes de comunicación y capacidad para trabajar en grupo)

- Aprovechar el hecho de que la capacitación puede mejorar el compromiso social.

"EMPOWERMENT" (RESPONSABILIZACION)

Un creciente número de organizaciones utilizan actualmente los grupos de trabajo y el "empowerment" para mejorar su eficiencia. Estas organizaciones adoptan el "trabajo en equipo" como un valor y organizan las labores en torno a estos grupos de trabajo. Después los habilitan para que realicen el trabajo, lo cual significa darles el poder y la capacidad para cumplir con sus actividades.

La capacitación por lo tanto debe desarrollar:

- Programas que involucren a toda la población frente a las amenazas naturales.
- Desarrollo de trabajos en equipo con la suficiente motivación, que se sientan orgullosos de sus actividades.

Desarrollo de sistemas de evaluación:

Reacción. Se deben evaluar las reacciones de los habitantes ante el programa propuesto. ¿Les gustó? ¿Piensan que es valioso?

Aprendizaje. Someter a pruebas a los habitantes de la provincia para determinar si aprendieron los principios, habilidades y hechos que tenían que haber asimilado. Planificar y realizar simulacros.

Conducta. Valorar si la conducta de las personas cambió.

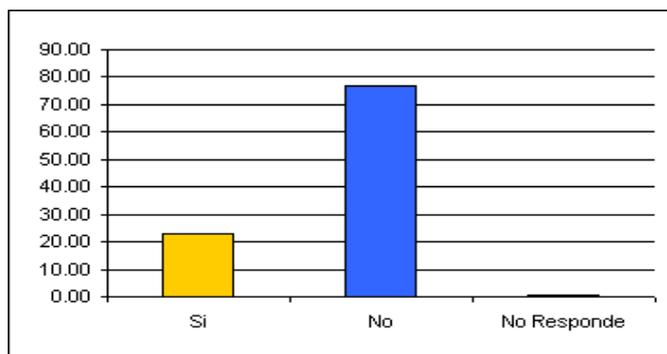
Resultados. Evaluar: ¿Qué resultados finales se lograron en términos de los objetivos?

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

A continuación se exponen algunos de los resultados de las encuestas¹:

Se Siente amenazado por los temblores de tierra?

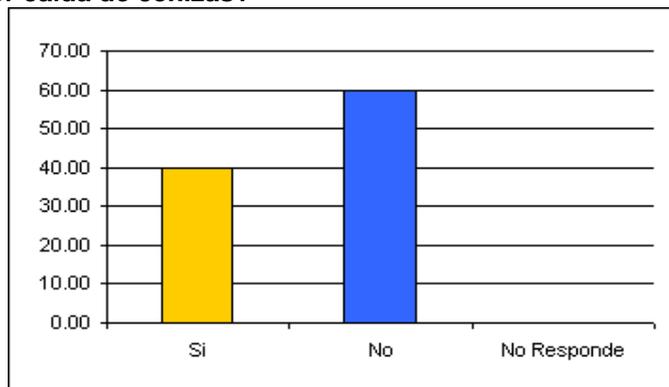
Opciones	%
Sí	23.00
No	76.60
No Responde	0.40
Base	100.00
No. Muestras	412



¹ De las encuestas de condiciones de vida en Chimborazo DYA-Proyectos ODEPLAN 2002, la encuesta fue aplicada a 4000 hogares. El módulo correspondiente a riesgos se aplicó a una submuestra de 400. Las características de la muestra, del proceso de levantamiento de datos y otros aspectos metodológicos de la encuesta pueden consultarse en el documento del Plan de Desarrollo de Chimborazo, Anexos del Diagnostico DYA-Proyectos ODEPLAN 2002.

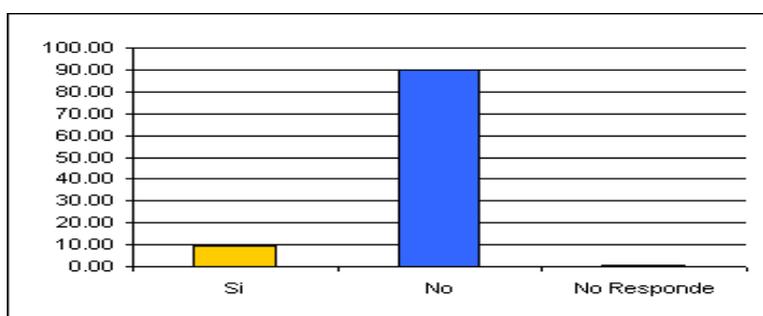
Se siente amenazado por caída de cenizas?

Opciones	%
Sí	39.90
No	60.00
No Responde	0.10
Base	100.00
No. Muestras	412



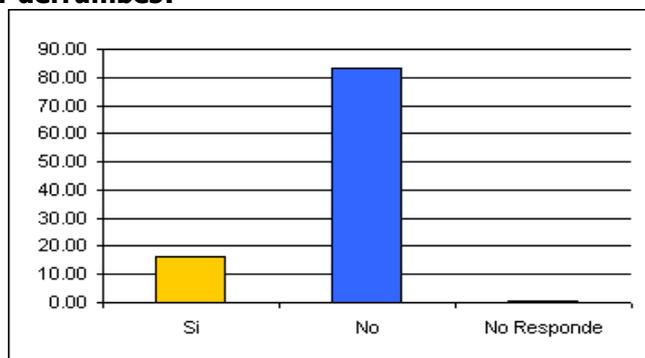
Se siente amenazado por inundaciones?

Opciones	%
Sí	9.20
No	90.20
No Responde	0.60
Base	100.00
No. Muestras	412



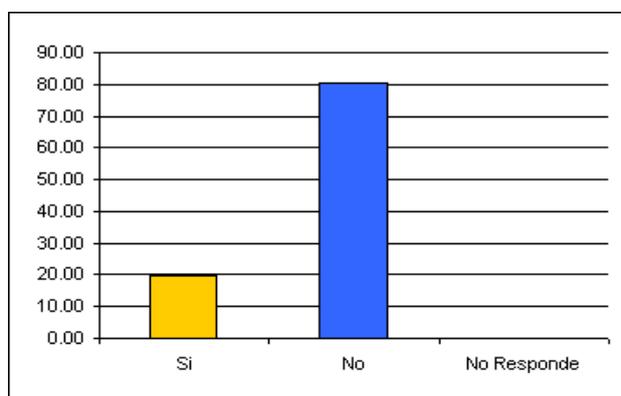
Se siente Amenazado por derrumbes?

Opciones	%
Sí	16.20
No	83.30
No Responde	0.50
Base	100.00
No. Muestras	412



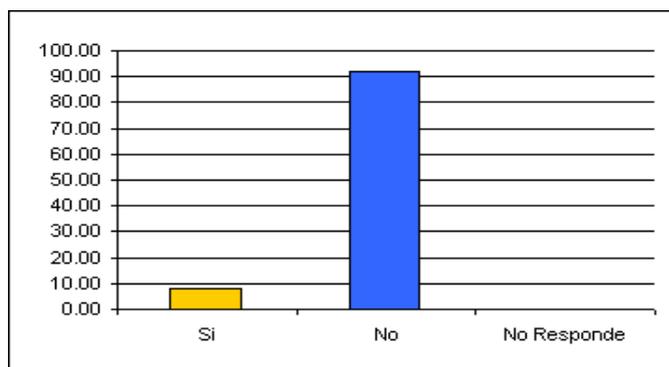
Familias que han sido afectadas por alguno de estos fenómenos

Opciones	%
Sí	19.60
No	80.40
No Responde	0.00
Base	100.00
No. Muestras	412



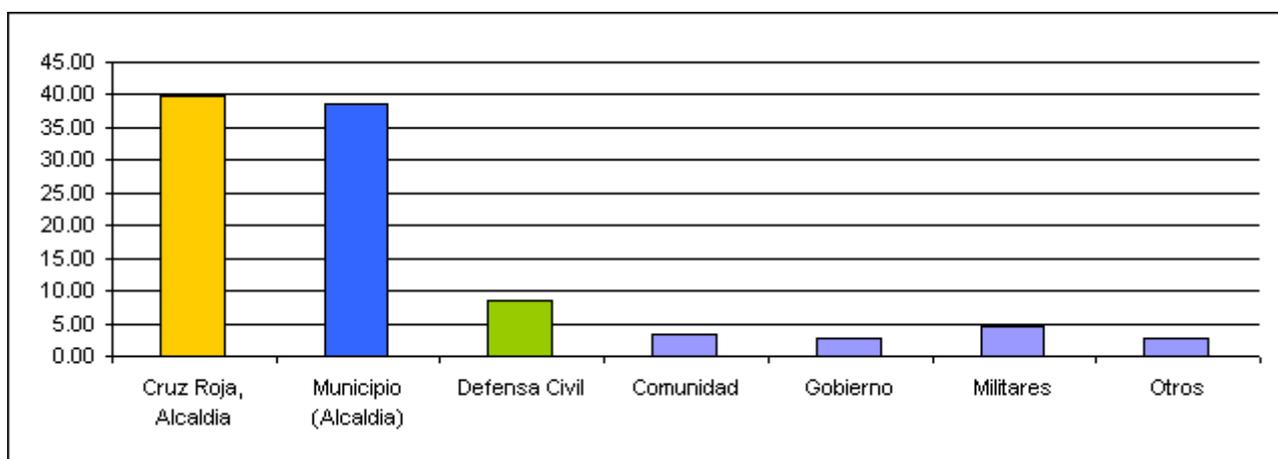
Recibió ayuda al ser afectado?

Opciones	%
Sí	8.20
No	91.80
No Responde	0.00
Base	100.00
No. Muestras	132



La ayuda al ser afectado

Organización	%
Cruz Roja, Alcaldía	39.70
Municipio (Alcaldía)	38.50
Defensa Civil	8.40
Comunidad	3.30
Gobierno	2.80
Militares	4.50
Otros	2.80
	100.00



Estas estadísticas reflejan la importancia relativa de las amenazas y la influencia:

- Del desconocimiento de los fenómenos naturales, amenazas y daños que producen.
- De factores culturales que inducen una falsa seguridad y sentimentalismos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BONILLA L. F., RUIZ M. y YEPES H., 1992, Evaluación del Peligro Sísmico en el Ecuador, Resúmenes II Jornadas en Ciencias de la Tierra, pp. 9-11.
- ASPDEN, J.A. and LITHERLAND, M., 1992. The geology and Mesozoic collisional history of the Cordillera Real, Ecuador, *Tectonophysics.*, 205, 187 – 204.
- BRITISH GEOLOGICAL SURVEY -CODIGEM, 1994a, Geological and metal occurrence map of the Northern Cordillera Real metamorphic belt, Ecuador: Dirección Nacional de Geología, Quito, Ecuador, escala 1:500 000, 1 hoja.
- BRITISH GEOLOGICAL SURVEY-CODIGEM, 1994a, Geological and metal occurrence map of the Southern Cordillera Real metamorphic belt, Ecuador: Dirección Nacional de Geología, Quito, Ecuador, escala 1:500 000, 1 hoja.
- BRITISH GEOLOGICAL SURVEY-CODIGEM, 1997a, Mapa geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador entre 2°S - 3°S: Dirección Nacional de Geología, Quito, Ecuador, escala 1:200 000, 1 hoja.
- BRITISH GEOLOGICAL SURVEY-CODIGEM, 1997b, Mapa geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador entre 1°S - 2°S: Dirección Nacional de Geología, Quito, Ecuador, escala 1:200 000, 1 hoja.
- BONILLA L. F., RUIZ M. y YEPES H., 1992, Evaluación del Peligro Sísmico en el Ecuador, Resúmenes II Jornadas en Ciencias de la Tierra, pp. 9-11.
- CERESIS, 2002, <http://seismo.ethz.ch/gshap/ceresis/>
- CERESIS, 1991, Catalogo sísmico para América Latina.
- CERESIS, 1985, Catálogos de Terremotos para América del Sur, Ecuador, Lima, 106 p.
- CLAPEPERTON Ch., VERA R., The quaternary glacial sequence in Ecuador: a reinterpretation of the work of Walter Sauer., *Journal of Quaternary Science*, 1, pp. 45-56
- Dirección General de Geología y Minas (DGGM). 1975. Mapa Geológico del Ecuador, 1/100000. Hoja Alausí, Quito. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.
- Dirección General de Geología y Minas (DGGM). 1976. Mapa Geológico del Ecuador, 1/100000. Hoja Chimborazo, Quito. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.
- Dirección General de Geología y Minas (DGGM). 1978. Mapa Geológico del Ecuador, 1/100000. Hoja Riobamba, Quito. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.
- Defensa Civil Nacional - ESPE, Mapa Sismo Tectónico del Ecuador, 1986, 1/1000000
- Defensa Civil Nacional, Informe sobre los fenómenos naturales ocurridos en la Provincia del Chimborazo
- Defensa Civil del Chimborazo, Informe sobre los fenómenos naturales ocurridos en la Provincia del Chimborazo durante los años 1993 – 2002.
- EGO F., SEBRIER M., LAVENU A., YEPES H. & EGUEZ A, 1993. Quaternary state of stress in the northern Andes and the restraining bend model for the Ecuadorian Andes., *Extended Abstract, Second ISAG Symposium, Oxford (UK)*
- EGRED J., CACERES V., ESPIN L., 1981, "Catálogo de sismos – Ecuador 1900 – 1980."Facultad de geología, Observatorio Astronómico de Quito; Escuela Politécnica Nacional.
- GUTSCHER, M.-A., MALAVIEILLE, J., LALLEMAND, S., Y COLLOT, J.-Y., 1999. Tectonic segmentation of the North Andean margin : impact of the Carnegie Ridge collision, *Earth and Plan. Sci. Lett.*, 168, p 255-270.
- KELLOG J. N., VEGA V., 1995, Tectonic Development of Panama, Costa Rica and the Colombian Andes: Constrains from GPS studies and gravity; in *Geologic and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in South America*, *Geol. Soc. Of Am. Spec. Paper* 295, pp. 75 – 90.

- MORA, S. , VAHRSON, W. , Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination, 1994
- MONCAYO, O., VALENCIA, A., Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa, Guía Metodológica, 160p.
- OEA / MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, 1992, Análisis de vulnerabilidad del Sector Energético.
- PENNINGTON, W.D., 1981. Subduction of the Eastern Panama basin and the seismotectonics of Northwestern South America., J. Geophys. Res., V. 86, No. B11, 10753-10770.
- ODEPLAN / CAF (2002). Programa Regional Andino para la Prevención y Mitigación de Riesgos. PREANDINO
- SOULAS, J.P., YEPES H., EGÜEZ, A., PÉREZ, V. H., 1991. Tectónica activa y riesgo sísmico en los Andes Ecuatorianos y el extremo sur de Colombia., Bol. Geol. Ecuat., 2, 1, pp. 3-11.
- TIBALDI A., FERRARI L., 1992. Latest Pleistocene-Holocene tectonics of the Ecuadorian Andes. Tectonophysics 205, pp. 109-125.
- USGS-NEIC, 2002, <http://pubs.usgs.gov/publications/>
- VELASCO J., 1789, Historia del Ecuador.
- WINTER TH., LAVENU A., 1989. Morphological and microtectonic evidence for a major active right-lateral strike-slip fault across central Ecuador (South America). Annales Tectonica,
- HALL M., BEATE B. (1991), El Volcanismo Plio-Cuaternario en los Andes del Ecuador., Estudios de Geografía, Vol. 4, Corporación Editora Nacional-Colegio de Geógrafos del Ecuador, pp. 5-17.
- Mapa Geológico del Ecuador (1993).
- PRESS F., SIEVER R. (1997), Understanding Earth, New York – USA.
- UNESCO (1971), The surveillance and prediction of volcanic activity, Earth Sciences, 8, UNESCO, París.
- UNESCO (1971), The surveillance and prediction of volcanic activity, Earth Sciences, 8, UNESCO, París.

ANEXOS.

Los mapas utilizados para la generación del presente documento corresponden a:

ANEXO 1 MAPA DE ZONAS INESTABLES (adjunto)

ANEXO 2 MAPA DE AMENAZAS POR MOVIMIENTO DE TERRENOS INESTABLES (adjunto)

ANEXO 3 MAPA DE AMENAZAS SISMOTECTONICAS (adjunto)

ANEXO 4 MAPA DE AMENAZAS VOLCANICAS (adjunto)

ANEXO 5 MAPA DE VULNERABILIDAD GEODINÁMICA EN RELACIÓN CON ASENTAMIENTOS POBLACIONALES (adjunto)

Los mismos se encuentran en formato impreso adjunto y en digital en el CD de información correspondiente.

ANEXO 6 : TERMINOLOGÍA TEMÁTICA BÁSICA DE GESTIÓN DE RIESGO.

FORMULADA POR EL PRE-ANDINO

AMENAZA: Peligro latente asociado con un fenómeno de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, los bienes, servicios y/o el medio ambiente. Técnicamente se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un período de tiempo determinado. Las amenazas constituyen un factor de riesgo.

AMENAZAS GEOLÓGICAS: Terremotos, erupciones volcánicas, movimientos de inestabilidad de terrenos (derrumbes, aluviones, deslizamientos, represamientos, etc.).

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD: es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica.

ANTRÓPICO: De origen humano o de las actividades del hombre que generan riesgos y desastres.

BIENES Y SERVICIOS: Componentes y procesos específicos de la estructura y función de los ecosistemas relevantes o de valor para la población.

DAÑO: Pérdida económica, social, ambiental o grado de destrucción causado por un Evento.

DESARROLLO SOSTENIBLE: Proceso de transformaciones naturales, económico-sociales, culturales e institucionales, que tienen por objeto asegurar el mejoramiento de las condiciones de vida del ser humano y de su producción, sin deteriorar el ambiente natural ni comprometer las bases de un desarrollo similar para las futuras generaciones.

DESASTRE: Situación causada por un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que significa alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y/o el

medio ambiente. Es la ocurrencia efectiva de un evento, que como consecuencia de la vulnerabilidad de los elementos expuestos causa efectos adversos sobre los mismos.

ECOSISTEMA: Unidad espacial definida por un complejo de componentes y procesos físicos y bióticos que interactúan en forma interdependiente y que han creado flujos de energía característicos y ciclos o movilización de materiales.

EFFECTOS DIRECTOS: Aquellos que mantienen relación de casualidad directa con la ocurrencia de un evento, representados usualmente por el daño físico en las personas, los bienes, servicios y el medio ambiente o por el impacto inmediato de las actividades sociales y económicas.

EFFECTOS INDIRECTOS: Aquellos que mantienen relación de casualidad con los efectos directos, representados usualmente por impactos concatenados o posteriores sobre la población, sus actividades económicas y sociales o sobre el medio ambiente.

ELEMENTOS EN RIESGO: Es el contexto social, material y ambiental representado por las personas y por los recursos y servicios que pueden verse afectados con la ocurrencia de un evento. Corresponden a las actividades humanas, todos los sistemas realizados por el hombre tales como edificaciones, líneas vitales o infraestructura, centros de producción, servicios, la gente que los utiliza y el medio ambiente.

EVALUACIÓN DE LA AMENAZA: Es el proceso mediante el cual se determina la probabilidad de ocurrencia y la severidad de un evento en un tiempo específico y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables.

EVALUACIÓN DE RIESGOS: En su forma más simple es el postulado de que el riesgo es el resultado de relacionar la amenaza, la vulnerabilidad y los elementos expuestos, con el fin de determinar las posibles consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios eventos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, o sea el total de pérdidas esperadas en un área dada por un evento particular.

EVENTO: Descripción de un fenómeno natural, tecnológico o provocado por el hombre, en términos de sus características, su severidad, ubicación y área de influencia. Es el registro en el tiempo y el espacio de un fenómeno que caracteriza una amenaza.

GESTIÓN DEL RIESGO: Enfoque por el cual una comunidad desarrolla capacidades para manejar el riesgo y administrar el riesgo no manejado, a través de varias estrategias como por ejemplo la reducción de la vulnerabilidad interviniendo en las condiciones causales, factibles de ser implementadas a través de la intervención humana, antes de que produzca un desastre, para lo cual se deberá incorporar prevención/mitigación en la planificación para el desarrollo.

INTENSIDAD: Medida cuantitativa o cualitativa de la severidad de un fenómeno en un sitio específico.

INTERVENCIÓN: Modificación intencional de las características de un fenómeno con el fin de reducir su amenaza o de las características intrínsecas de un elemento con el fin de reducir su vulnerabilidad. La intervención pretende la modificación de los factores de riesgo. Controlar o encauzar el curso físico de un evento, o reducir la magnitud y frecuencia de un fenómeno, son medidas relacionadas con la intervención de la amenaza. La reducción al mínimo posible de los daños materiales mediante la modificación de la resistencia al impacto de los elementos expuestos son medidas estructurales relacionadas con la intervención de la vulnerabilidad física. Aspectos relacionados con planificación del medio físico, reglamentación del uso del suelo seguro, medidas de emergencia y educación pública estructurales relacionadas con la intervención de la vulnerabilidad física y funcional.

LÍNEAS VITALES: Infraestructura básica de redes, tuberías o elementos conectados o continuos, que permiten la movilización de energía eléctrica, agua, combustibles, información y

el transporte de personas, productos esenciales para realizar con eficiencia y calidad las actividades de la sociedad.

MANEJO DE RIESGOS: Actividades integradas para evitar o disminuir los efectos adversos en las personas, los bienes, servicios y el medio ambiente, mediante la planeación de la prevención y la preparación para la atención de la población potencialmente afectada.

MITIGACIÓN: Definición de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo. La mitigación es el resultado de la decisión a nivel político de un grado de riesgo aceptable obtenido de un análisis extensivo del mismo, bajo el criterio de que dicho riesgo no es posible reducirlo totalmente.

PÉRDIDA: Cualquier valor adverso de orden económico, social o ambiental alcanzado por una variable durante un tiempo de exposición específico.

PREVENCIÓN. Conjunto y acciones dispuestas con anticipación con el fin de evitar la ocurrencia de un evento o de reducir sus consecuencias sobre la población, los bienes, servicios y el medio ambiente.

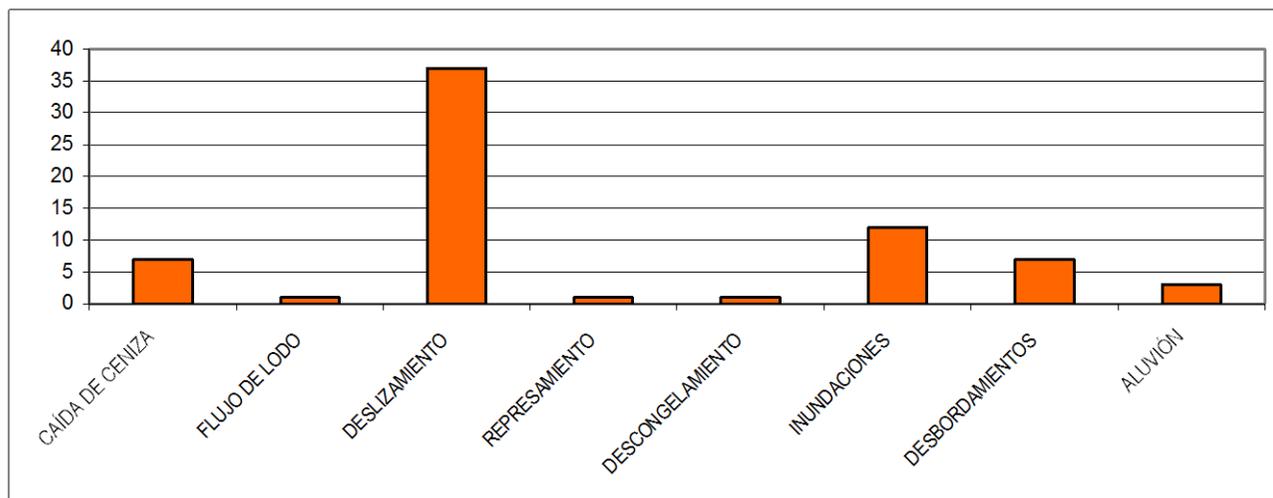
PRONÓSTICO: Determinación de probabilidad de ocurrencia de un fenómeno con base en el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de eventos en el tiempo. Un pronóstico puede ser a corto plazo, generalmente basado en la búsqueda e interpretación de señales o eventos premonitorios indicadores de la potencial ocurrencia de un fenómeno y a largo plazo, basado en la determinación del evento máximo probable en un período de tiempo que pueda relacionarse con la planificación del área potencialmente afectable.

RIESGO: Es la Probabilidad de que ocurra un desastre con potencial afectación a su población, infraestructura, servicios, sistemas productivos, medio ambiente, etc., con fines de evaluación cuantificada, el riesgo se presenta como el producto de la coexistencia en un mismo conglomerado humano de la acción de la amenaza y vulnerabilidad, lo cual se puede expresar mediante la siguiente relación matemática.

R=A*V	R= Riesgo A= Amenaza V= Vulnerabilidad
--------------	---

RIESGO ACEPTABLE: Valor de probabilidad de consecuencias sociales, económicas o ambientales que, a juicio de la autoridad que regula este tipo de decisiones, es considerado lo suficientemente bajo para permitir su uso en la planificación, la formulación de requerimientos de calidad de los elementos expuestos o para fijar políticas sociales, económicas y ambientales afines.

VULNERABILIDAD: Propensión de un componente de la estructura social o natural a sufrir daño por efecto de una amenaza, de origen natural o antrópica (actividad humana). Dentro de la gestión del riesgo, una de las acciones prioritarias es reducir la vulnerabilidad, a fin de mitigar el impacto de los desastres en la medida que la acción humana sea factible.



ANEXO 8 : HIPOCENTROS DE EVENTOS REGISTRADOS EL ULTIMO SIGLO

Global Search Earthquakes= 2146

Catalog Used: SISRA

Date Range: Year: 1900 - 2002 Month: 01/Day: 01 Month: 07/Day: 30

Magnitude Range: 4.0 - 8.0

Depth Range: 10 - 200

Intensity Range: 1 - 12

Data Selection: South America (SISRA)

CAT	AÑO	MES	DIA	HORA	LAT	LONG	PROF	MAGNITUD
SISRA	1949	8	5	19 08 47	-1.50	-78.25	80	6.80
SISRA	1958	11	23	03 20 56	-2.50	-79.00	100	5.70
SISRA	1961	3	25	02 10 13	-2.10	-78.70	132	6.30
SISRA	1962	5	25	14 49 11	-2.50	-79.10	79	6.10
SISRA	1962	0	11	03 52 19	-1.20	-78.80	59	6.30
SISRA	1963	2	27	00 10 01	-1.20	-79.00	33	4.30
SISRA	1964	10	25	22 56 31	-2.07	-78.80	48	5.40
SISRA	1965	3	6	04 43 12	-1.26	-78.80	53	4.30
SISRA	1965	9	17	11 13 53	-1.40	-77.70	181	6.50
SISRA	1969	10	27	22 32 31	-2.25	-78.90	124	4.60
SISRA	1971	7	27	02 02 44	-2.79	-77.35	88	7.50
PDE	1973	2	23	42623.3	-2.09	-78.21	67	5.8
PDE	1973	2	23	64125.5	-2.05	-78.19	89	5
PDE	1973	2	23	231051.5	-2.26	-78.35	33	4.6
PDE	1973	3	1	174906.1	-2.08	-78.21	86	4.9
PDE	1973	5	3	155034.6	-1.98	-78.4	72	4.1
PDE	1973	5	10	134634.1	-2.1	-78.82	131	4.9
PDE	1973	5	30	43801.8	-2.26	-78.52	111	5.7
PDE	1974	2	25	24521.9	-1.62	-78	170	4.3
PDE	1977	7	16	163417.6	-2.09	-79.13	33	4.8
PDE	1978	4	7	95206	-1.71	-78.29	54	4.3
PDE	1978	8	10	41055.8	-2.1	-78.66	131	4.9
PDE	1978	9	11	42156.2	-2.01	-78.11	154	4.3
PDE	1978	11	11	214755.7	-1.93	-78.08	151	4.3
PDE	1979	9	16	90909.6	-2.31	-79.05	92	4.8
PDE	1980	7	23	84355.2	-2.32	-78.32	127	4.2
PDE	1980	9	3	184836.8	-1.9	-78.05	154	4.8
PDE	1980	9	14	234158.1	-1.83	-78.05	167	4.3
PDE	1981	11	3	70238.57	-1.83	-78.44	129	5.8
PDE	1981	11	19	11341.9	-2.04	-78.14	230	4.6
PDE	1982	2	3	3748.33	-2.27	-79.17	92	5
PDE	1982	4	7	115203.05	-2.5	-78.56	87	5.2
PDE	1982	4	17	42924.31	-2.33	-78.28	33	4.4
PDE	1982	5	8	12515.21	-1.69	-78.01	171	4.9
PDE	1982	5	20	121050.2	-1.57	-78.01	169	5.1
PDE	1982	12	31	170908.23	-1.55	-78.04	171	4.6
PDE	1983	6	1	122350.28	-2.45	-79.35	57	4.9

CAT	AÑO	MES	DIA	HORA	LAT	LONG	PROF	MAGNITUD
PDE	1983	12	24	83538.04	-2.16	-78.77	33	4.5
PDE	1984	4	28	201206.33	-1.78	-78.1	47	5.6
PDE	1984	4	28	214347	-2.08	-78.69	33	4.9
PDE	1985	6	24	162009.63	-1.9	-78.1	33	5.2
PDE	1985	12	20	23302.98	-2.48	-78.79	106	4.4
PDE	1986	2	22	184721.31	-2.09	-78.3	33	4.8
PDE	1986	3	24	213805.52	-1.92	-78.21	33	4.8
PDE	1986	3	28	211922.93	-1.54	-78.06	164	4.9
PDE	1986	5	13	231055.9	-1.96	-78.5	129	4.2
PDE	1989	6	26	140114.56	-2.32	-79.33	114	4.8
PDE	1990	11	23	221559.6	-1.8	-78.08	155	4.7
PDE	1991	1	13	91936.52	-1.84	-78.56	142	4.3
PDE	1991	6	12	4540.08	-2.29	-78.88	94	5.7
PDE	1991	8	19	4614.78	-2.33	-79.27	105	4.6
PDE	1991	9	15	194842.95	-2.29	-79.44	121	4.5
PDE	1993	10	4	43439.63	-1.93	-78.08	65	5
PDE	1993	10	8	82153.85	-2.06	-78.4	33	4.6
PDE	1994	1	25	54119.22	-1.54	-78.01	168	5.4
PDE	1994	7	2	101809.56	-1.68	-78.13	128	4.2
PDE	1995	1	7	21328.03	-1.57	-78.01	165	5.4
PDE	1995	3	26	151231.76	-2.05	-79.49	90	5.6
PDE	1996	8	8	21536.75	-2.03	-79.22	118	4.5
PDE	1997	11	5	103752.78	-2.4	-78.75	107	4.7
PDE	1999	10	21	63616	-1.61	-78.08	166	4.8
PDE	2000	9	18	130732.86	-1.73	-78.14	175	4.1
PDE	2001	3	21	110502.27	-2.49	-78.19	33	4.1
PDE	2001	6	2	31307.07	-2.26	-78.7	77	4.1
PDE	2001	7	29	133402.73	-2.14	-78.07	250	4
PDE-W	2001	9	23	40634.99	-1.91	-79.47	86	4.7