



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

**CENTRO DE POSGRADOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE MAGISTER EN GERENCIA DE SEGURIDAD Y  
RIESGO**

**TEMA: AMENAZAS NATURALES RECURRENTE,  
CONCURRENTES Y CONCATENADAS EN LA CIUDAD DE  
ESMERALDAS**

**AUTOR: CRUZ D'HOWITT MARIO ANTONIO**

**DIRECTOR: VÁSQUEZ BRIONES RENÉ**

**SANGOLQUÍ**

**2017**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

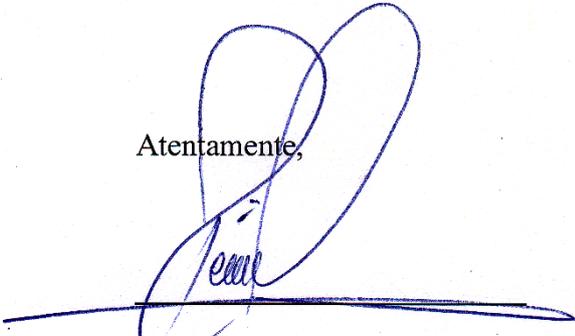
**CENTRO DE POSGRADOS**

**CERTIFICACIÓN**

CERTIFICO que el trabajo de titulación, **“AMENAZAS NATURALES RECURRENTE, CONCURRENTE Y CONCATENADAS EN LA CIUDAD DE ESMERALDAS”** realizado por el señor **MARIO ANTONIO CRUZ D’HOWITT**, ha sido revisado en su totalidad, y analizado por el software anti-plagio, verificándose que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al autor **MARIO ANTONIO CRUZ D’HOWITT** para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, septiembre de 2017

Atentamente,



MGS. René Vásquez Briones



## VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

### CENTRO DE POSGRADOS

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **MARIO ANTONIO CRUZ D'HOWITT**, portador de la Cédula de Identidad N° 17-0358540-4, declaro que este trabajo de titulación “**AMENAZAS NATURALES RECURRENTE, CONCURRENTE Y CONCATENADAS EN LA CIUDAD DE ESMERALDAS**”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes y respetando los derechos intelectuales de terceros, considerándolos en las citas bibliográficas.

Consecuentemente, declaro que este trabajo es de mi autoría y en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, septiembre de 2017

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Mario Antonio Cruz D'Howitt', is written over a horizontal line.

Mario Antonio Cruz D'Howitt

C.I. 17-0358540-4



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

**CENTRO DE POSGRADOS**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **MARIO ANTONIO CRUZ D'HOWITT**, AUTORIZO a la Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE, a publicar en la Biblioteca Virtual de la Institución el trabajo de titulación **“AMENAZAS NATURALES RECURRENTE, CONCURRENTE Y CONCATENADAS EN LA CIUDAD DE ESMERALDAS”**, cuyo contenido, ideas y criterios, son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, septiembre de 2017

Mario Antonio Cruz D'Howitt

C.I. 17-0358540-4

## **DEDICATORIA**

A mi MADRE (+)

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos:

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en las personas del Sub Director del Centro de Post-Grados y Docentes de la Maestría, por permitirme cumplir una de mis aspiraciones profesionales.

Al Dr. Manolo Cruz, por su apoyo en la gestión administrativa

Al Director de este trabajo, MGS. René Vásquez Briones, por dirigir este trabajo.

A los Doctores Alfonso Tierra y Fabián Rodríguez, por sus oportunos consejos.

Al Dr. Teófilo Toulkeridis por su ayuda con el idioma inglés.

A mi amigo Betto Estupiñán por sus aportes a esta investigación.

Al Sr. Gerente del Sistema ECU-911 de Esmeraldas,.

A Carlos Tamay, Hedy Mancero y Grace Shugulí, por su ayuda durante el trabajo de campo.

A mi hermano por el apoyo moral y económico a este trabajo.

Mario A. Cruz

## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción y antecedentes.....	1
1.2. Proyectos complementarios o relacionados .....	2
1.3. Justificación e importancia del proyecto.....	3
1.4. El problema de investigación .....	5
1.5. Objetivos .....	6
1.6. Alcance y Factibilidad.....	7
1.7. Metas y productos entregables .....	7
CAPÍTULO II .....	9
2. MARCO REFERENCIAL .....	9
2.1 Estado del arte a nivel local y regional .....	9
2.2 Marco Teórico.....	16
2.3 Marco Conceptual .....	45
2.4. Marco Jurídico .....	49
CAPÍTULO III.....	51
3. METODOLOGÍA .....	51
3.1 Diagnóstico .....	51
3.1.1 Análisis fisiográfico .....	51
3.1.2 Análisis de normativas y planes de desarrollo .....	72
3.1.3 Evaluación de los riesgos .....	91
CAPÍTULO IV.....	97
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	97
4.1 Resultados del diagnóstico.....	97
4.2 Caracterización de las amenazas y sus áreas de influencia.....	105
4.2.1. Sismos y Tsunamis.....	105
4.2.2. Inundaciones Fluviales.....	119
4.2.3. Deslizamientos y flujos de lodo .....	125

CAPÍTULO V .....	136
5. MEDIDAS PARA EL TRATAMIENTO DEL RIESGO .....	136
5.1 Introducción .....	136
5.2 Medidas propuestas.....	138
CAPÍTULO VI.....	148
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	148
6.1 Conclusiones .....	148
6.2 Recomendaciones.....	149
Bibliografía .....	150
ANEXOS .....	161

### ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 Criterios utilizados en la matriz de Mosler para análisis de riesgos en áreas focales de Esmeraldas.....	93
--	----

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fotografías aéreas superpuestas conformando una.....	24
Figura 2 Principio de funcionamiento de un estereoscopio de espejos.....	24
Figura 3 Observación de fotografías aéreas con el estereoscopio de espejos .....	25
Figura 4 . Superposición de capas temáticas en un SIG .....	26
Figura 5 Método de trilateración inversa usado por el sistema GPS .....	27
Figura 6 Estructura interna de la Tierra según el modelo estático.....	28
Figura 7 Estructura interna de la Tierra según los dos modelos .....	29
Figura 8 corrientes de convección en un líquido .....	30
Figura 9 Campo magnético de la Tierra.....	31
Figura 10 Placas Tectónicas de la Tierra .....	31
Figura 11 Choque o convergencia de placas tectónicas.....	32

Figura 12 Obducción de Placas.....	33
Figura 13 Separación de Placas y formación de dorsales .....	33
Figura 14 Vista aérea de la falla de San Andrés, California .....	34
Figura 15 Anillo de Fuego del Pacífico .....	34
Figura 16 Epicentros sísmicos a lo largo de la fosa oceánica ecuatoriana.....	35
Figura 17 Hipocentro y epicentro sísmicos .....	36
Figura 18 Escala de Richter .....	36
Figura 19 Escala Mercalli Modificada.....	37
Figura 20 Formación de un tsunami.....	38
Figura 21 Tsunamis ocurridos en el Ecuador desde 1906.....	38
Figura 22 Hundimiento de tierra en exteriores del Estadio Olímpico Atahualpa .....	39
Figura 23 Partes de un deslizamiento.....	40
Figura 24 Tipos de deslizamientos.....	41
Figura 25 Tipos de FRM según la velocidad de ocurrencia.....	41
Figura 26 Las cuatro estaciones .....	42
Figura 27 Condiciones atmosféricas “El Niño” y “La Niña” .....	43
Figura 28 Valle de inundación .....	44
Figura 29 Terraza aluvial en un valle de inundación .....	45
Figura 30 Deslizamiento de tipo rotacional .....	48
Figura 31 Temperatura promedio mensual .....	52
Figura 32 Lluvia mensual promedio en Esmeraldas .....	52
Figura 33 Unidades de paisaje en el área de Esmeraldas.....	54
Figura 34 Sedimentos del río Esmeraldas adentrándose en el mar .....	55
Figura 35 Flecha litoral en el estuario del río Esmeraldas .....	56
Figura 36 Raíces aéreas de mangle en islotes inundables.....	56
Figura 37 Ocupación del suelo en zona de protección de manglares .....	57
Figura 38 Ocupación de terrazas altas y bajas en el valle del río Esmeraldas .....	58
Figura 39 Ocupación de islotes inundables (condiciones de riesgo) .....	59
Figura 40 Valle del río Teaone visto hacia el Este, sector “Vuelta Larga” .....	60
Figura 41 “Barrio 50 casas”, altamente expuesto a inundaciones .....	60
Figura 42 Control tectónico en los ríos Esmeraldas .....	61
Figura 43 Plataforma continental de Esmeraldas.....	62

Figura 44 Cañón submarino de Esmeraldas.....	63
Figura 45 Playas de acumulación – sector Camarones .....	64
Figura 46 Mapa Geológico de Esmeraldas: Qt <sub>2</sub> = terraza alta; Qt <sub>1</sub> = Terraza baja; Al= depósitos aluviales; Qc= depósitos de pié de monte; Pb= formación Borbón; Qz= Formación Ónzole .....	65
Figura 47 Formación Ónzole Superior: arcillitas tipo esmectita. ....	66
Figura 48 Grietas paleosol en arcillas expansivas. Afloramiento .....	67
Figura 49 Deslizamiento en el barrio “10 de Agosto”, parte alta .....	68
Figura 50 Flujos de lodo generados en el deslizamiento .....	68
Figura 51 Macro deslizamiento sector “Las Palmas” –Esmeraldas.....	69
Figura 52 Deslave en el barrio “20 de Noviembre” –Esmeraldas .....	69
Figura 53 Evidencias de reptación del suelo.....	70
Figura 54 Erosión del suelo por escorrentía.....	71
Figura 55 Fracturas por efectos de reptación del suelo, barrio “El Tercer Piso” ....	71
Figura 56 Escalinatas estrechas y mal iluminadas .....	72
Figura 57 Distribución Poblacional del Cantón Esmeraldas.....	76
Figura 58 Riesgo por Deslizamientos e Inundaciones de la ciudad, escala 1:60.500 .....	78
Figura 59 Tipología de Vivienda del Cantón Esmeraldas .....	79
Figura 60 sector “Vuelta Larga”, zona de reasentamiento.....	80
Figura 61 Señalética en “La Propicia” I.....	81
Figura 62 Talud estabilizado técnicamente, playa de las Palmas”.....	82
Figura 63 talud inestable con erosión retrocedente.....	82
Figura 64 Infraestructura física en “Las Palmas”, (calle Luis tello) .....	83
Figura 65 El Gerente del ECU-911 Esmeraldas, (derecha) .....	84
Figura 66 Barrio “El Embudo”, riesgos por deslizamientos y flujos de lodo .....	85
Figura 67 Condiciones de ocupación, sector alto del barrio .....	85
Figura 68 Condiciones de ocupación, sector alto del barrio “El Embudo” .....	86
Figura 69 Arcillita expansiva, con inclinación hacia la pendiente.....	86
Figura 70 Trampas de lodo en mal estado. Barrio “El Embudo”, marzo 2017.....	87
Figura 71 Terrenos colinados, totalmente deforestados.....	88
Figura 72 Estabilización de los taludes en la cima del "Cerro Gatazo",.....	89

Figura 73 Matriz de Mosler .....	95
Figura 74 Matriz FODA factores internos .....	95
Figura 75 Factores externos .....	96
Figura 76 “Las Palmas” - límite de inundación por tsunami .....	99
Figura 77 Erosión retrocedente en la corona del deslizamiento, .....	99
Figura 78 Corona del mismo deslizamiento, en marzo de 2017 .....	100
Figura 79 Flujos de lodo al pie de los taludes. Calle Luis Tello - "Las Palmas" .....	100
Figura 80 Deslizamiento planar y flujo de barro. Barrio "20 de Noviembre" Esmeraldas.....	101
Figura 81 Porcentaje de deslizamientos activos .....	101
Figura 82 Puerto marítimo Nacional e instalaciones de servicios (bodegas, al fondo). .....	102
Figura 83 Viviendas en las orillas del río Teaone, barrio Propicia I, Esmeraldas ...	103
Figura 84 Deslizamientos a lo largo de la vía Coronel Carlos Concha .....	104
Figura 85 Zona de subducción y sus interfaces .....	105
Figura 86 Mapa batimétrico del puerto de Esmeraldas.....	108
Figura 87 Construcciones con "piso blando" .....	109
Figura 88 Informalidad en las construcciones (Calle Quito.....	110
Figura 89 Vista panorámica del sector de “Las Palmas y el puerto marítimo, (2012).....	111
Figura 90 Vista panorámica del mismo sector, cinco años después, (2017).....	111
Figura 91 Nuevo malecón de "Las Palmas" - Esmeraldas.....	111
Figura 92 Centro de Atención Ciudadana de Esmeraldas.....	112
Figura 93 Costo del Centro de Atención Ciudadana.....	112
Figura 94 Locales comerciales en la zona del Puerto Marítimo .....	113
Figura 95 Escuela de la Marina Mercante, Puerto Marítimo Nacional.....	113
Figura 96 Instalaciones del servicio integrado ECU – 911 .....	114
Figura 97 Av. P.V. Maldonado y Mejía: vista hacia el Este: desnivel .....	115
Figura 98 Desnivel de terraza alta a baja, vista hacia el río Esmeraldas .....	115
Figura 99 Mapa de Amenazas por tsunami. En rojo, zona expuesta .....	116
Figura 100 Ingreso a "Propicia II" desde Av. Simón Plata Torres .....	117
Figura 101 Ingreso a “Propicia I” calle Presidente Roldós.....	117

Figura 102 Instalaciones de SOLCA - Propicia I.....	118
Figura 103 Altura de la inundación de febrero de 2016, Propicia I.....	119
Figura 104 Valle del río Teaone y barrios vulnerables a inundaciones .....	120
Figura 105 Terraza baja en el Barrio “La Concordia” .....	120
Figura 106 Barrio “La Concordia”, altura de inundación .....	120
Figura 107 Tipo de construcciones - Barrio “La Victoria” .....	121
Figura 108 Muro de gaviones en el barrio “La Tolita I” .....	121
Figura 109 Viviendas cerca al río Teaone, Barrio “50 Casas” .....	122
Figura 110 Altura de inundación - Barrio "50 Casas" .....	122
Figura 111 Barriada vulnerable a inundaciones, al final de la Av. del Ejército .....	123
Figura 112 Vista hacia el Sur, Av. del Ejército.....	124
Figura 113 Ocupación de terrazas bajas del río Teaone (barrio Los Mangos) .....	124
Figura 114 Tipología de vivienda en la franja expuesta a inundaciones (CODESA – Los Mangos) .....	125
Figura 115 Deslizamientos activos en la parte Norte de la ciudad de Esmeraldas .....	126
Figura 116 Taludes inestables en la playa "Las Palmas" .....	127
Figura 117 Erosión retrocedente en la corona, año 2012.....	128
Figura 118 Evidencias de reptación .....	128
Figura 119 Talud inestable sobre Av. Kennedy.....	129
Figura 120 Evidencias de reptación y flujos de lodo – .....	129
Figura 121 deslizamientos activos sector “U. Luis Vargas Torres” .....	130
Figura 122 Deslizamientos complejos sector "Santas Vainas" .....	130
Figura 123 Barrio “ Santa Cruz”, asentado en laderas inestables .....	131
Figura 124 Viviendas tipo “rancho” en un deslizamiento activo.....	131
Figura 125 Escombros y reptación. Corona deslizamiento.....	132
Figura 126 Fragmento Sur del “Mapa de deslizamientos de Esmeraldas” .....	133
Figura 127 Mega-deslizamientos en la vía Coronel Carlos Concha .....	134
Figura 128 Deslizamientos complejos en la vía Coronel Carlos Concha .....	134
Figura 129 Deslizamiento y flujo de lodo. Barrio "20 de Noviembre" .....	135

## RESUMEN

Esmeraldas es el tercer puerto más importante del Ecuador. Su ubicación en la costa noroccidental, hacia el Océano pacífico, la hace ideal para el comercio marítimo y para el turismo. Esta ciudad es de importancia estratégica para el país por su infraestructura petrolera que permite la comercialización del petróleo y sus derivados a nivel nacional e internacional. Estudios anteriores no han considerado que las amenazas pueden ser, a más de recurrentes, concatenadas y concurrentes. Esta investigación ha estudiado las relaciones entre las amenazas naturales y las condiciones geológico – geomorfológicas de la ciudad de Esmeraldas, usando sensores remotos, indicadores de campo, y análisis documental, para determinar los factores que relacionan o concatenan amenazas, analizar sus áreas de influencia e identificar las áreas de influencia de amenazas concurrentes y los elementos expuestos a ellas. Las amenazas que enfrenta Esmeraldas, según su severidad, son: sismos de magnitudes 7,2 M y sus efectos concatenados, (licuación de arenas, tsunamis); deslizamientos y sus efectos derivados, (flujos lodo) e inundaciones fluviales. Esmeraldas es una urbe que no está preparada para enfrentar amenazas recurrentes, concatenadas y concurrentes. Ante esta realidad, se propone acciones para el tratamiento del riesgo de desastres derivados de las amenazas naturales indicadas, a fin de disminuir la vulnerabilidad global e ir construyendo condiciones de resiliencia en la ciudad.

### **Palabras clave:**

- **AMENAZAS NATURALES**
- **AMENAZAS RECURRENTE, CONCURRENTE Y CONCATENADAS**
- **VULNERABILIDAD GLOBAL**
- **MEDIDAS PARA EL TRATAMIENTO DEL RIESGO**
- **RESILIENCIA**

## ABSTRACT

Esmeraldas is the third most important port in Ecuador. Its location on the north-west coast, towards the Pacific Ocean, makes it ideal for maritime trade and tourism. This city is strategic for the country, due to its petroleum infrastructure that allows the commercialization of oil and its derivatives at a local and global scale. Previous studies lacked to consider that hazards may occur simultaneously, concatenated as well as concurrent. This research revealed the relationships between natural hazards and the geological- geomorphological conditions in the city of Esmeraldas by using remote sensing, field indicators, and documentary analysis. Such study enabled to determine the factors that relate or concatenate natural hazards by analyzing their influence areas and identify the influence areas of concurrent hazards as well as the elements exposed to them. The corresponding hazards that affect the city of Esmeraldas, according to their degree, are earthquakes with magnitudes 7.2 M and their concatenated effects, (sand liquefaction, tsunamis), landslides and their derived effects, (mudflows) and fluvial floods. Therefore, it is concluded that the city of Esmeraldas lacks in preparation of recurrent, concatenated and concurrent hazards. Based on the aforementioned, this research proposes risk assessment activities to face potential disasters derived from the corresponding natural hazards, an overall vulnerability reduction and enforce resilience conditions in the study area.

### **Keywords:**

- **NATURAL HAZARDS**
- **RECURRENT, CONCURRENT, AND CONCATENATED HAZARDS**
- **GLOBAL VULNERABILITY**
- **RISK TREATMENT ACTIVITIES**
- **RESILIENCE**

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Introducción y antecedentes

Esmeraldas es una ciudad de importancia estratégica. Su ubicación en la costa Noroccidental del Ecuador, hacia el Océano pacífico, la hace ideal para el comercio marítimo, por su cercanía al Canal de Panamá y es también de importancia comercial interna por la industria pesquera y turística que allí se desarrolla. Además de estas características, en Esmeraldas funciona la refinería de petróleo más grande del Ecuador, cuyos productos derivados del petróleo, abastecen las necesidades del mercado ecuatoriano.

Muy cerca de la ciudad de Esmeraldas se encuentra Balao, puerto exclusivamente petrolero, desde donde se exporta el “crudo Oriente” a los mercados mundiales, y de cuyo comercio depende, en gran medida, la economía del país. En las partes altas de este puerto, colindantes con la zona peri-urbana de la ciudad de Esmeraldas, se encuentran grandes depósitos de petróleo en espera de ser embarcados. Hasta allí llegan y convergen los oleoductos que, atravesando todo el Ecuador, transportan el crudo desde la región oriental, lugar donde se lo extrae del subsuelo, hasta Balao.

Pese a su importancia, Esmeraldas es una ciudad que, hasta hace una década, fue poco atendida por los gobiernos centrales y seccionales de turno; en consecuencia su desarrollo ha sido lento y discontinuo. Por ello, aún adolece de problemas de diversa índole, de entre los cuales se destaca explosivo aumento poblacional, lo que, a su vez, ha inducido a un caótico crecimiento urbano con el consiguiente déficit de servicios básicos o esenciales para una ciudad como Esmeraldas, cuya proyección poblacional, según Charpentier y Tuso, ( (Charpentier, A., Tuso, L., Cruz, M., 2014) página 48, tabla 14), para el año 2017, es de 242.737 habitantes.

Este explosivo crecimiento urbano se refleja en la ocupación del suelo y el hacinamiento habitacional en áreas que nunca debieron ser ocupadas, alteradas o modificadas en sus condiciones naturales por estar dentro de áreas de influencia de amenazas de variada índole.

Esmeraldas, por su ubicación geográfica, características fisiográficas, geológicas, tectónicas y climáticas, es una ciudad amenazada por eventos naturales, acciones antrópicas, industriales, tecnológicas y combinadas. Muchas de estas amenazas se han materializado en desastres a lo largo de la historia de Esmeraldas, (Barriga López, F., 2015), pese a lo cual, hasta la actualidad, muy pocos esfuerzos se han realizado para conocerlas mejor, analizar sus efectos y plantear estrategias de solución.

Bajo el auspicio de Organizaciones internacionales en coordinación con el GAD Esmeraldas, han surgido interesantes iniciativas para precautelar la vida de los habitantes en un marco global de Gestión de Riesgos, (GAD Esmeraldas, 2012), las que despertaron el interés inicial en sus autoridades, pero, desafortunadamente, se han diluido con el tiempo, sin llegar a concretarse.

En este contexto, el presente trabajo ha pretendido identificar las amenazas de origen natural en la ciudad de Esmeraldas, determinar sus características, área de influencia, y clasificarlas según criterios de recurrencia, concurrencia y sus relaciones de causalidad y analizar cómo estas amenazas, en caso de manifestarse, podrían afectar a la ciudad de Esmeraldas en sus condiciones actuales, a fin de plantear alternativas de prevención y mitigación, apoyando de esta manera los esfuerzos de las autoridades actuales para mejorar la capacidad de resiliencia, bajo un esquema de desarrollo ordenado y sostenible, en donde la Gestión del Riesgo sea el eje rector de todas las actividades y procesos de desarrollo.

## **1.2. Proyectos complementarios o relacionados**

Este proyecto está relacionado y/o es complementario de:

- a) “Riesgos por tsunami en la Costa Ecuatoriana” (Cruz, M., Acosta, C., Vásquez, N., 2005).
- b) “Línea Base Ambiental, (componente físico), para la construcción de nuevos tanques de GLP en las instalaciones de la Refinería Estatal de Petróleo de Esmeraldas” (Gutiérrez, C., Cruz, M., 2007).
- c) “Elaboración de 33 Cartas – Croquis de Amenazas por Tsunami y Análisis de Riesgos en la Costa Ecuatoriana, utilizando indicadores geomorfológicos y socio ambientales”, (Cruz, M. y Vásquez, N., 2010).

- d) “Implementación de un Plan Piloto para la Gestión de Riesgos para el fortalecimiento de los miembros de los Comandos Operacionales en la jurisdicción de la ciudad de Esmeraldas” (Vinueza, I., Saavedra, G., Cruz, M. 2013).
- e) “Propuesta de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, (RSU), para la ciudad de Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, Ecuador, mediante un modelo espacial” (Charpentier, A., Tuso, L., Cruz, M. 2014) .

### **1.3. Justificación e importancia del proyecto**

Se considera a Esmeraldas una ciudad estratégica para el Ecuador desde el punto de vista económico y geopolítico. Su puerto marítimo internacional facilita el intercambio comercial con los países industrializados. El puerto marítimo nacional dinamiza la economía local y provincial, ya que a través de éste se comercializan productos del mar. En consecuencia, representa una fuente de ingresos a nivel cantonal y provincial además de brindar oportunidades de empleo a la población esmeraldeña.

En Esmeraldas se levanta la refinería de petróleo más importante del País, cuyos productos abastecen las necesidades de internas de derivados del petróleo. A pocos kilómetros al Oeste de la ciudad se halla Puerto Balao, punto terminal del Oleoducto Transecuatoriano (SOTE), a través del cual se transporta el crudo oriente hasta los tanques de almacenamiento, para su posterior embarque y comercialización. Esta es la actividad comercial más importante del Ecuador, ya que la economía de la Nación depende, en gran parte, de los ingresos generados por la venta de nuestro petróleo.

Sobre la margen derecha del río Esmeraldas se construyó una nueva terminal aérea de categoría internacional, constituyendo un enlace entre las rutas aéreas nacionales y las internacionales, favoreciendo el turismo entre Ecuador y Colombia.

Según Charpentier y Tuso, (2014), la población de la ciudad de Esmeraldas en el año 2010 fue de 189.504 habitantes; la proyección para el año 2017 es de 242.737 habitantes, ( Charpentier, A., Tuso, L., Cruz, M., 2014) página 48, tabla 14), mismos que migran del campo a la ciudad, atraídos por la actividad comercial que le caracteriza, y por la perspectiva de encontrar mejores fuentes de empleo.

Este incremento poblacional ha ocasionado un crecimiento desordenado de la ciudad, primero alrededor del antiguo núcleo comercial ubicado en la terraza alta del río Esmeraldas, margen izquierda, y desde allí hacia sectores más bajos, en las orillas

mismas del río y del mar, cuya playa actualmente está ocupada por modernos edificios y variada infraestructura de servicios turísticos.

También se han levantado barrios en lugares de morfología más accidentada, en las colinas al Oeste de la ciudad, que son sensibles a la deforestación y al mal uso del suelo y que en condiciones de prolongadas precipitaciones, la saturación del suelo genera inestabilidades del terreno y flujos de lodo. Incluso se han abierto carreteras a través de las colinas, cortando sus flancos. Los taludes así formados son igualmente inestables.

En las últimas dos décadas, se pobló completamente el valle del río Teaone, llegando inclusive a ocupar las terrazas más bajas aledañas a este río, que son inundables en cada período lluvioso, ya que continúan siendo de dominio fluvial. Actualmente el crecimiento urbano parece dirigirse hacia Tonsupa y Atacames, debido a la existencia de servicios básicos tales como electricidad, cobertura telefónica, transporte, y agua dulce que se distribuye mediante tanqueros.

Estos asentamientos, actualmente urbanos, no consideran el hecho de que fueron o continúan siendo de dominio fluvial, marino o ambos, por ello, en cualquier momento, pueden constituirse en amenazas para la población y sus bienes, incluyendo la infraestructura pública y de servicios.

De igual manera, los sectores aledaños a la playa están amenazados por marejadas y potenciales tsunamis, sin embargo de lo cual se construyó un nuevo y moderno malecón e importante infraestructura, especialmente de servicios, tal como patios de comida, hoteles, oficinas públicas, hospitales y centros de atención y respuesta a emergencias.

Por las consideraciones anteriores, la importancia de este proyecto radica en reconocer que ciudad de Esmeraldas está expuesta a multi-amenazas de diverso origen, mismas que pueden materializarse de manera concatenada, concurrente o recurrente y causar severos daños en los ámbitos físico, social y económico de la ciudad, con efectos negativos que pueden extenderse al ámbito nacional.

En consecuencia, constituye una prioridad la identificación de los eventos, en este caso de índole natural, hoy transformados en amenazas, para determinar los potenciales daños que pudieran causar en la ciudad, según su severidad, extensión y grado de exposición de la infraestructura física considerada, y proponer medidas

estructurales y no estructurales, con miras a apoyar los esfuerzos de los organismos de atención de emergencias que operan en el cantón y aumentar el conocimiento sobre esta temática en la población y sus autoridades.

#### **1.4. El problema de investigación**

##### 1.4.1. Planteamiento del problema

Cada año la región Costa del Ecuador sufre inundaciones por exceso de lluvias en el período, equivocadamente, llamado “invernal”. La ciudad de Esmeraldas, entre enero y mayo del año 2016 soportó intensas lluvias que ocasionaron inundaciones, deslaves y flujos de lodo, especialmente en los sectores peri-urbanos de la ciudad. (Diario El Comercio, 2016).

El 16 de abril de ese mismo año, la costa ecuatoriana fue afectada por un fuerte sismo, cuyo epicentro se localizó en la ciudad de Pedernales, donde alcanzó una magnitud de 7,8 grados en la escala abierta de Richter (Instituto Geofísico, 2016). Los daños en la ciudad de Esmeraldas, aunque no de magnitud, se limitaron al casco comercial antiguo de la ciudad. (Diario El Telegrafo, 2016). La profundidad a la que ocurrió el movimiento sísmico no fue la suficiente para generar un tsunami que pudo aumentar la destrucción en el perfil costanero. (INOCAR, 2016).

La ciudad de Esmeraldas, como el resto de la provincia, se encuentra expuesta a estos eventos telúrico-marinos, ya ocurridos en años anteriores. (Barriga López, F., 2015). Desde el sismo de abril 2016 hasta hoy continúan las réplicas con intensidad baja a moderada, cuyos epicentros son de poca profundidad y cercanos a la ciudad de Esmeraldas (Mompiche, Muisne y Atacames), evidenciándose procesos de re-equilibrio tectónico. (Instituto Geofísico, 2016).

A pesar de la importancia estratégica de esta ciudad y de los recurrentes impactos por eventos negativos de diversa etiología, una vez superado el susto y los daños, la memoria colectiva desaparece. Parecería que la gente se olvida de ellos y la vida continua igual. La ciudad continúa expandiéndose desordenadamente hacia zonas de alta exposición, en donde “los niveles de amenaza se van incrementando según se incrementan también los procesos de degradación ambiental”. (Lavell, 2003).

La ausencia de memoria colectiva causa también “una débil capacidad de gestión y reducción de los riesgos como parte del proceso de desarrollo desde las instituciones públicas y privadas y los gobiernos nacionales y locales”. (Lavell, 2003).

En síntesis, las amenazas que existen en Esmeraldas se deben a eventos de origen natural y social. Natural por las características fisiográficas y geológicas donde se asienta la ciudad y social debido a causas de fondo, a la baja percepción del riesgo en la población y autoridades y escaso conocimiento sobre temas de riesgos, amenazas, degradación ambiental y de la interacción entre ellos.

A más de lo anterior, los esmeraldeños, en general, son indiferentes a los riesgos o no son totalmente conscientes sobre las implicaciones que tiene el vivir en zonas de alta exposición a amenazas de toda índole. Lo anterior hace pensar que no existe una cultura de prevención y, por lo tanto, no hay una verdadera Gestión de Riesgos que se evidencie en temas de Ordenamiento Territorial, protección ciudadana, normas y ordenanzas para un adecuado desarrollo sostenible.

Con ayuda de sensores remotos, esta investigación ha pretendido abordar la temática de las amenazas derivadas de eventos naturales, determinar sus características, área de influencia y sus relaciones de causalidad, a fin de analizar cómo estas amenazas, al materializarse, afectarían a la ciudad de Esmeraldas en sus condiciones actuales, para luego plantear alternativas de solución y de mejora de conocimientos en la población y sus autoridades sobre esta temática.

#### 1.4.2. Formulación del problema a resolver

¿Cómo la ocurrencia de amenazas naturales recurrentes, concurrentes o concatenadas afectaría a la ciudad de Esmeraldas en sus condiciones actuales?

### **1.5. Objetivos**

#### 1.5.1. Objetivo General

Determinar la afectación de la ciudad de Esmeraldas ante la potencial ocurrencia de amenazas naturales recurrentes, concurrentes y concatenadas, utilizando indicadores geológico-geomorfológicos, y propuesta de estrategias para el tratamiento del riesgo.

### 1.5.2. Objetivos específicos

- a) Describir las condiciones fisiográficas de la ciudad de Esmeraldas, mediante interpretación de fotografías aéreas en 3 dimensiones y análisis de campo, a fin de establecer la relación entre la geología – geomorfología y las amenazas naturales existentes.
- b) Determinar la severidad de las amenazas naturales, recurrentes, concurrentes y concatenadas, en función de sus características, área de influencia y elementos expuestos, a fin de determinar la capacidad de respuesta de la ciudad.
- c) Analizar y proponer estrategias para el tratamiento del riesgo en la ciudad de Esmeraldas, en función de su capacidad de respuesta, análisis de normativas, planes y capacidades institucionales, a fin de crear condiciones de resiliencia en la ciudad.

### 1.6. Alcance y Factibilidad

Este estudio pretendió actualizar los conocimientos existentes sobre las amenazas derivadas de eventos naturales y sus potenciales efectos en la ciudad de Esmeraldas, considerando las características fisiográficas de sus áreas de influencia, los elementos expuestos y el grado de exposición de éstos. Aspectos como la vulnerabilidad de los elementos amenazados y sus niveles de riesgo están fuera del ámbito del presente trabajo.

Debido al alcance de esta investigación, a la información bibliográfica y de campo levantada por el autor en varios períodos y a la información recopilada, se consideró viable la ejecución de esta investigación y su culminación en el tiempo previsto. Los beneficiarios directos son la población en general y sus autoridades.

### 1.7. Metas y productos entregables

- a) Elaboración de un texto escrito, según normas APA 2016, con la metodología y resultados de esta investigación, en formato digital, (Word y pdf).
- b) Dos mapas temáticos de amenazas por inundaciones: fluviales y por tsunami, con sus áreas de influencia máxima, a escala 1:10.000, en formato pdf. (En anexos).

- c) Un mapa geológico general del área de la ciudad de Esmeraldas, a escala 1:10.000, en formato pdf. (En anexos).
- d) Un mapa temático de deslizamientos activos en la ciudad de Esmeraldas, a escala 1:10.000, en formato pdf. (En anexos).
- e) Un mapa temático de multi-amenazas en la ciudad de Esmeraldas a escala 1:10.000, en formato pdf. (En anexos).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Estado del arte a nivel local y regional

“La historia del Ecuador está marcada por eventos catastróficos ocurridos entre los siglos XVI y XX” (Florent Demoraes, Robert D'Ercole, 2011, p.6). Efectivamente el Ecuador, a lo largo de su historia colonial y republicana ha sufrido los estragos de eventos catastróficos de origen natural, antrópico, por la combinación de ambos o por la geodinámica interna de nuestro Planeta. Los ocurridos en la Sierra se han registrado con mayor detalle debido, probablemente, a la cercanía a las instituciones de gobierno, en donde se debía dar a conocer lo acontecido.

D'Ercole, (óp. cit.), señala que el evento más insidioso en el Ecuador es el terremoto, denominado técnicamente macro-sismo. Su argumento se guía por el grado de destrucción y la secuela de males que perduran en el tiempo. Muchos terremotos han ocurrido en los últimos cuatro siglos, especialmente en la región Sierra y Costa, en donde como efecto derivado, grandes olas de tsunami barrieron las playas, magnificando los daños. El terremoto más fuerte del que se tiene registros históricos, ocurrió el 31 de enero de 1906, (Instituto Geofísico EPN, 2011). Con una magnitud de 8.8 tuvo su epicentro en el océano Pacífico, frente a la frontera Ecuador-Colombia, (entre Tumaco en Colombia y Esmeraldas en Ecuador).

Se dice que la destrucción no fue mayor, probablemente debido a la falta de medios de comunicación oportunos, a lo despoblada que se encontraba la región en ese tiempo, y por el tipo de material de construcción usado, (paredes de caña y madera, techumbre de paja) cuyos materiales elásticos pudieron resistir los vaivenes del suelo, pero no la inmediata inundación que se abatió sobre la costa, cuyo oleaje acabó con 30 casas (Egred, s.f.), arrastró embarcaciones al fondo del mar al ser atrapadas en un enorme remolino que se formó en la desembocadura del río Esmeraldas, frente al pueblo del mismo nombre. (Barriga López, F. 2015).

Los registros del sismo y tsunami de 1906, fue la primera crónica que dio a conocer lo ocurrido de una manera más o menos objetiva, considerando la falta de preparación técnica de los informantes y la dificultad de comunicación con la ciudad capital, Quito.

Estudios actuales de sismicidad en el Ecuador, (Chunga, K., Martillo, C., Pazmiño, N. et.al, 2013), (Sanclemente, E., Loualalen, M. y Navarrete E., 2011), señalan que en la costa norte del Ecuador pueden esperarse sismos con intensidades de IX a X y aceleraciones del suelo de hasta el 50% de la gravedad, (NEC-15, 2015), e inducir tsunamis si sus epicentros están lo suficientemente profundos como para mover grandes masas de agua, como por ejemplo en la “fosa” o zona de subducción de la placa de Nazca bajo el continente, que además, es una de las zonas sísmicamente más activas del Planeta, (Manchuel K., Pontoise Bernard, Béthoux N., Régnier Marc, et.al., 2009), (Parra, H. Tesis Doctoral, 2016), (Toulkeridis, T., Padilla O., Rodríguez, F., et. al., 2014), (Nocquet, J., Mothes, P. y Alvarado, A., s.f.), (Nocquet, J. y Cisneros, D., 2010).

Estos estudios proporcionan información técnica veraz y constituyen una guía para analizar las implicaciones que tendría para Esmeraldas la ocurrencia de un sismo destructor y la posterior ocurrencia de un tsunami sobre la ciudad y las costas de la provincia en general, de tal manera que son un referente de gran calidad para este proyecto de investigación.

En cuanto se refiere al fenómeno tsunami, no existen suficientes estudios en el Ecuador. Las primeras aproximaciones a esta problemática se iniciaron por el año 1991 en el Instituto Oceanográfico de la Armada Nacional - INOCAR, con el apoyo de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres- UNISDR, en una época en que era muy poco conocido el término y el fenómeno, aún dentro de los círculos técnicos del país, y totalmente desconocidos por la población en general.

El primer estudio se realizó en la Península de Santa Elena, y se presentó un mapa de inundación por tsunami. Luego, sobre la base de una simulación matemática, y asumiendo un sismo con epicentro en la Península de Santa Elena, se realizó el cálculo de los tiempos de llegada del primer tren de olas y sus alturas, a diversos lugares de la costa ecuatoriana, (Espinoza, J., 1992), considerando los efectos de la refracción y reflexión del oleaje en las salientes o puntas y entrantes de nuestro litoral.

Esta investigación sirvió de base y de guía para que, a partir del año 1992, el Departamento Técnico de la Dirección Nacional de Defensa Civil del Ecuador - DNDC, con el apoyo de UNISDR y del INOCAR, iniciara el proyecto de “Elaboración de Cartas Croquis de Amenazas por Tsunami en la Costa Ecuatoriana”, (Cruz, M. y Vásquez, N., 2010).

El proyecto levantó información de fuentes primarias y cartografió las poblaciones que disponían de Cartas Censales a escalas de detalle, inicialmente en la provincia de Esmeraldas y posteriormente en Manabí y Guayas. La desaparición de la DNDC del Ecuador, en el año 2008, dejó inconcluso el trabajo que se estaba efectuando en la provincia de El Oro.

Patricia Arreaga, en su Tesis de Grado previo a la obtención del Título de Oceanógrafa, (Arreaga, 2004), analiza con mayor profundidad esta temática y actualiza los modelos matemáticos que predicen alturas de ola y sus tiempos de llegada a la costa, especialmente para el Golfo de Guayaquil, y presenta un mapa de “riesgos de inundación por tsunami” de la ciudad de Esmeraldas, el estuario del río, el aeropuerto internacional y la población de Tachina. Este mapa actualiza el anterior elaborado por la Defensa Civil, (DNDC, informe no publicado, 1998), y lo amplía. Por las razones expuestas, se considera importante para sustentar una parte de esta investigación.

David Granados Cuero, cursante del segundo Diplomado en Gestión Integral de Riesgos y Desastres en el Instituto de Altos Estudios Nacionales, Escuela de Gobierno y Administración, en su Monografía de Grado “Ubicación de un sistema de señalización frente a la amenaza de tsunamis para las playas de la provincia de Esmeraldas” (Granados, D., 2010), realiza un breve recuento de los tsunamis acaecidos en la provincia de Esmeraldas citando, sin referenciar, información generada por el proyecto Tsunamis de la DNDC, (Cruz, M. y Vásquez, N., 2010), para relieves la importancia y justificar su proyecto, (pp.21, 25-33, óp. cit.). Su Monografía está orientada a determinar los mejores lugares donde se podría ubicar señalética que guíe a la población hacia las zonas de seguridad ante la inminencia de un evento tsunami génico, por lo cual el aporte con información y datos al presente trabajo es reducido.

Manuel Contreras López de la Universidad Politécnica Salesiana - UPS, en su artículo, (Contreras, 2014) , realiza un análisis histórico de los tsunamis que han

afectado al País desde los años de 1586 al 2012, concluyendo que el 19% de ellos, (once eventos), fueron sumamente destructivos, siete de ellos en el litoral continental y cuatro en Galápagos, sin presentar documento cartográfico alguno; en consecuencia, por ser la información de carácter general, el apoyo al presente proyecto es reducido.

En el año 2015, Pablo Eduardo Pérez, de la Universidad San Francisco de Quito, en su Tesis de Grado “Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para evaluar la vulnerabilidad frente a fenómenos de deslizamiento de masa y amenaza de tsunami para el Terminal Marítimo de Balao”, re-calcula el área de inundación para el estuario del río Esmeraldas debido al sismo de 1906, (p.27, óp. cit.), y concluye que, en el puerto petrolero de Balao, la afectación causaría un cierre temporal de la terminal, sin daños físicos de consideración. (Pérez, P.E., 2015). En vista de que el estudio estuvo dirigido a evaluar las condiciones de Puerto Balao y a que no se anexa ningún documento cartográfico, el aporte que puede ofrecer a este trabajo es muy general y no se ajusta al grado de detalle que se requiere.

El primer trabajo sistemático sobre deslizamientos en el área urbana y peri-urbana de la ciudad de Esmeraldas lo realizó la Dirección Nacional de Defensa Civil - DNDC, Departamento Técnico, a partir del año 1993, información que se cartografió conjuntamente con el área de inundación por tsunami en la primera “Carta-Croquis de Amenaza por tsunamis de la ciudad de Esmeraldas”, (DNDC, 2001; DNDC-ESPE, 2007. No publicado), (Cruz, M. y Vásquez, N., 2010), ya que ambos fenómenos ocurren, de manera sucesiva, luego de un terremoto de magnitud.

Estos estudios sirvieron de base para investigaciones posteriores realizadas en la zona, (Vinueza, I., Saavedra, G., Cruz, M., 2013), y que en conjunto constituyen un gran apoyo para el análisis de esta amenaza, en el presente trabajo.

Otros estudios han abordado esta temática a nivel provincial, cantonal o parroquial, cuya cartografía a escalas pequeñas, (D’Ercole, R. y Trujillo, M., Demoraes, F., 2003), (Narváez, N., Bermeo, R., Yépez, F., et.al., 2013), ofrece información referencial y de carácter muy general en la zona, objeto de esta investigación.

Ortega, en su Monografía de Grado, trata el tema de terrenos inestables en el área de la ciudad de Esmeraldas de manera descriptiva y puntual, (Ortega, G., 2014), con fines de proteger las instalaciones de la Pontificia Universidad Católica, sede Esmeraldas. Quiñonez y Rivera (Quiñonez, F. y Rivera, H., 2011), analizan las causas

y efectos sociales de los deslizamientos en la Parroquia Simón Plata Torres. Montaña, (Montaña, J., 2011), propone un correcto manejo del suelo en la zona periurbana de San Jorge, para prevenir deslizamientos, y anexa un croquis de difícil interpretación. Al ser estos estudios muy puntuales no aportan mayormente a los fines de la presente investigación.

El GAD Municipal de Esmeraldas, dentro de su “Estrategia de Gestión de Riesgos y Desastres”, (Ortíz, M., Estupiñán, B., et. al., 2012), describe las vulnerabilidades del Cantón, y entre ellas hace referencia a deslizamientos e inundaciones. En los anexos, (pp. 34 -36, op. Cit.), presenta una bien lograda cartografía de vulnerabilidades. A pesar de estar a escala pequeña, (1:60.000), constituye un buen referente para ésta investigación.

En el año 2013 las señoritas Vinueza y Saavedra, de la Carrera de Ingeniería Geográfica de la ESPE, en su Tesis de Grado, (Vinueza, I., Saavedra, G., Cruz, M., 2013), presentan una propuesta de Gestión de Riesgos a nivel provincial y local para la provincia y la ciudad de Esmeraldas, adjuntando cartografía de deslizamientos activos a escalas de detalle (1:5000), existentes en la ciudad de Esmeraldas a esa fecha. A pesar de que el trabajo estuvo orientado a gestionar el riesgo de desastres, es un excelente referente bibliográfico y cartográfico que aporta mucho a esta investigación, debido a la calidad y grado de detalle descriptivo y gráfico que ostenta.

A nivel regional, uno de los países que más investigaciones ha realizado sobre sismos y tsunamis es Estados Unidos, país que posee centros de investigación en las universidades y en entidades federales como la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), que equivale a las Defensas Civiles sudamericanas.

La FEMA mantiene constantes publicaciones y variada información en su sitio WEB. Una de las publicaciones que continúa vigente es “Tsunami Hazards - Coastal Flood Hazard Analysis and Mapping Guidelines”, (FEMA, 2005), debido a que constituye una guía para la elaboración de mapas de amenazas por tsunami, válido para cualquier país del área circumpacífica. No obstante la escala general de la información que ofrece, ha sido un apoyo a este trabajo porque indica de una manera simple, ordenada y metódica los aspectos a tomar en cuenta antes de elaborar un mapa.

Algunos centros Universitarios de Estados Unidos, especialmente de la Costa Oeste, mantienen centros de investigación sobre sismos y tsunamis, cuyos estudios se

centran en las costas americanas hacia el Pacífico. Uno de los más destacados centros es el Tsunami Research Center de la Universidad del Sur de California, (University of Southern California -Viterbi School of Engineering). Su documento cartográfico “Tsunami Inundation Mapping for the State of California”, (University of Southern California, 2010), elaborado sobre la base de modelos matemáticos, constituye un buen ejemplo de representación gráfica de la amenaza, por su claridad y sencillez.

El Centro de Alerta de Tsunami del Pacífico (Tsunami Warning Center), ubicado en Hawái, realiza la detección y alerta a los países circumpacíficos sobre la ocurrencia de sismos y tsunamis; este centro aporta con investigaciones a nivel mundial. Sus publicaciones son apreciadas en los círculos científicos por su alta calidad y vigencia.

La Mc Master University de Ontario, Canadá, tiene entre sus numerosas publicaciones, una que permite apreciar gráficamente los efectos del tsunami del 26 de diciembre de 2004, en la infraestructura costera de Tailandia e Indonesia, (Ghobaraha, A., Saatcioglu, M. et al., 2006) en playas protegidas por palmeras y sin protección natural. Esta publicación aborda la problemática de manera clara, objetiva y facilita la visualización de escenarios de riesgo en países con costas de características similares. En consecuencia es de lectura obligada para quienes desean aproximarse a estos temas.

Con referencia a deslizamientos, existe una amplia bibliografía especializada; sin embargo cabe destacar la “Guía metodológica para la evaluación de zonas susceptibles a deslizamientos disparados por lluvias”, publicada por el Gobierno de Guatemala, (Barillas, 2008), en la que se presenta una metodología moderna para generar mapas de peligro por deslizamientos, donde se representan, de manera gráfica, los diversos grados de susceptibilidad a deslizamientos, usando indicadores como humedad del suelo, pendientes, litología, entre los más importantes. La importancia de este documento radica en el uso de métodos geomáticos para combinar los factores que, en climas tropicales húmedos, originan deslizamientos de tierra.

El libro “Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales” (Suárez Díaz, 1998), siendo un texto de ingeniería geotécnica es también una guía para abordar temas relativos a deslizamientos de tierra. Caracteriza los movimientos y establece la nomenclatura correcta para los mismos. Sin ser muy actualizado, como la gran mayoría

de libros técnicos en español, es importante su lectura por la claridad con la que trata los temas de su competencia.

Gonzalo Duque Escobar docente de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, en su ponencia “Riesgo en la zona andina tropical por laderas inestables”, (Escobar, 2000) presenta una clasificación de los movimientos de suelos y rocas explicando cuándo y cómo ocurren y cómo evitarlos. Sin ser una guía técnica, presenta los contenidos de una manera coloquial y amena, facilitando la asimilación de sus contenidos. En esto, precisamente, radica la bondad del documento.

Sanhueza, C. en su publicación “Influencia de la cohesión aparente generada por raíces sobre la estabilidad de un talud natural en las dunas de Reñaca”, (Sanhueza, C. y Villavicencio, 2012), expresan que “las raíces de los árboles proporcionan un sistema de refuerzo que depende en gran medida de la conformación y de la distribución del sistema radicular que presenten”. Su exposición clara y objetiva, permite comprender de mejor manera la relación existente entre deforestación y deslizamientos.

La Universidad de Córdoba, España, Departamentos de Agronomía e Ingeniería Rural, en su “Manual de Técnicas de Estabilización Biotécnica en Taludes de Infraestructuras de Obra Civil”, indica que “La vegetación ejerce una gran influencia sobre la estabilidad superficial de los taludes, además de representar mejoras de diversidad biológica y paisajística” (pág. 16. óp. cit.). El valor de este manual reside en la importancia que da a la vegetación como agente estabilizador de taludes y como elemento natural que permite la remediación de paisajes degradados por obras civiles.

En cuanto se refiere a eventos climáticos recurrentes la mejor y más autorizada fuente de información y publicaciones es el Programa de Estudio Regional del Fenómeno El Niño - ERFEN, que funciona con la participación de instituciones de investigación de sus países miembros (Colombia, Ecuador, Perú y Chile) y la Coordinación de la Comisión Permanente del Pacífico Sur – CPPS, con el apoyo de las Naciones Unidas y sus comisiones técnicas y la Organización Meteorológica Mundial –OMM).

El Comité Nacional ERFEN Ecuador, a través de sus boletines y otras publicaciones, mantiene informada a la región sobre las condiciones de la dinámica océano – atmosférica del Pacífico Sur, con miras a mitigar los efectos del fenómeno El Niño o La Niña, en los países bajo influencia de este evento. La calidad de la

información proporcionada, (los registros históricos sobre la ocurrencia de este fenómeno en el Ecuador y sus efectos), constituye una fuente de obligada consulta previa al abordaje de esta temática.

Jenny Maturana en su publicación “Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur”, (Maturana, 2004), auspiciada por el Departamento de Oceanografía de la Armada de Chile, explica las características de este fenómeno y las condiciones favorables para su recurrencia, en un lenguaje técnico y a la vez sencillo, facilitando su lectura y entendimiento. Estas cualidades lo convierten en un documento interesante e informativo sobre estos eventos hidrometeorológicos.

## **2.2 Marco Teórico**

El tema de amenazas, desastres, vulnerabilidades y riesgos ha sido y es hasta hoy complejo, debido a los diferentes enfoques existentes desde las perspectivas de las diversas ciencias que los tratan. (Naturales, Sociales, Económicas, Psicológicas). Como dice Elms (citado en: (Cardona, O.D., 2003)), “El riesgo es un concepto complejo y extraño, representa algo que parece irreal, en tanto que está siempre relacionado con el azar, con posibilidades, con algo que aún no ha sucedido.”

En los albores de la humanidad, las sociedades primitivas relacionaron al mundo que los rodeaba con lo sobrenatural, lo divino, porque había desconocimiento de los procesos de la naturaleza y, consecuentemente, no podían explicar los fenómenos que sucedían a su alrededor, tales como sequías, lluvias, el día y la noche, etc. En este contexto, cualquier fenómeno de índole natural causante de un desastre (pérdida de cultivos por sequías o por acción de lluvias torrenciales, erupciones volcánicas, terremotos) tenía un significado mágico, era el resultado de fuerzas sobrenaturales que estaban fuera del control de la sociedad.

Lo anterior conduce a afirmar que en esas épocas la amenaza era considerada como sinónimo de desastre, o dicho de otra manera: amenaza = desastre, y dado que éste era producto de una acción divina (“castigo de Dios”), era inevitable. Al ser inevitable, la población tomaba una actitud de resignación, de conformismo, lo que llevaba, a su vez, a la inacción, con lo cual los efectos del desastre se magnificaban.

Conforme fueron evolucionando las sociedades, fue cambiando también la percepción de todo cuanto les rodeaba. Aun cuando se seguía manteniendo el concepto de amenaza = desastre, sus miembros empezaron a observar lo que sucedía en su entorno y se dio un paso fundamental: se organizaron para tomar acciones a fin de disminuir los impactos que un determinado fenómeno natural podía causarles. Con esto se pasa de la inacción a la acción para reducir los efectos de un desastre, aunque en su cosmovisión, el origen o causa del fenómeno seguía siendo de carácter sobrenatural.

Así por ejemplo, son conocidos los terraplenes que construía la sociedad inca en las laderas montañosas para reducir los efectos de la erosión hídrica en sus cultivos, o el uso del fuego para proteger los cultivos de las heladas, tan comunes en las regiones altas, cercanas a los páramos.

Durante la época del dominio español, lamentablemente estos conocimientos ancestrales fueron echados de lado y posteriormente olvidados en la América Hispana, dando paso a la adopción de costumbres y creencias foráneas con profunda raigambre medieval, en donde hasta el siglo XVIII, la cosmovisión fue amenaza= desastre, la razón de su ocurrencia proviene de Dios, el origen y fuente de todo cuanto existe, pero al menos se podía pedir clemencia al Altísimo mediante procesiones, donde la efigie del Señor recorría las calles y plazas de la ciudad, mientras los sacerdotes y el pueblo, con las autoridades a la cabeza, entre oraciones y plegarias, clamaban el cese del fenómeno y la mitigación de sus efectos, (Romero, 2003). Lo importante de esta época es que la sociedad supera la resignación y comienza a reaccionar ante las adversidades de su existencia.

A fines del siglo XVIII y ya entrado el siglo XIX, en plena época republicana, visitaron el país muchos “sabios” naturalistas quienes, a través de la observación y la aplicación de la investigación científica, empiezan a entender los procesos de la naturaleza, y de una manera más objetiva la conciben como una fuente de recursos, pero también de destrucción. Este salto en la evolución de los conceptos se denomina “naturalismo” ya que la ciencia puede explicar el fenómeno, pero prevalece el criterio de que no se puede hacer nada para evitarlo. Es decir, el desastre sigue siendo inevitable, bajo el concepto de desastre = amenaza, pero se plantean las primeras

acciones organizadas de respuesta social, sobre bases científicas apoyadas en el conocimiento de la naturaleza y sus procesos.

En pleno siglo XX, en la década de los años noventa, se da otro gran salto en la manera de interpretar a la naturaleza. Aparecen los conceptos de “elementos expuestos” a los fenómenos naturales y su fragilidad o predisposición a ser dañados, naciendo de esta manera el concepto de “vulnerabilidad física”. Este nuevo punto de vista se denomina “fiscalismo” porque intervienen, a más de las ciencias naturales, las exactas o de ingeniería aplicada, para medir el grado de vulnerabilidad física de los elementos expuestos a una amenaza. Conceptualiza a la amenaza como la causa de los desastres y define al desastre en función de la cuantificación de los daños físicos producidos.

La relevancia de este enfoque radica en conceptualizar a las amenazas como las causantes de los desastres, por tanto, el desastre deja de ser visto como sinónimo de amenaza y ésta pasa a ser sinónimo de peligro (o hazard en inglés). El desastre no es un evento (que causa daño), sino el resultado de la manifestación de la amenaza. Vista la amenaza como peligro, (amenaza = peligro), entonces es, de acuerdo a esta corriente de pensamiento, la probabilidad de que un fenómeno físico latente, (amenaza), se manifieste en un lugar específico o área de influencia, en un período de tiempo determinado, con una intensidad que puede ser medida. La amenaza puede ser inevitable pero, aun así, con el auxilio de las ciencias aplicadas, puede ser controlable directa o indirectamente con el fin de proteger a las personas y sus bienes. Prioriza la construcción de obras físicas que modifiquen las condiciones naturales con el objeto de impedir, prevenir o mitigar la materialización de la amenaza.

Se habla del riesgo y surgen varias propuestas para medirlo, del “Ciclo de los Desastres”, de la “Gestión de Desastres”, y, de lo que resulta ser la parte medular de este enfoque, de la atención y la reconstrucción, es decir, promueve soluciones estrictamente técnicas a los efectos físicos de los desastres, sin considerar que el entorno social y el desarrollo también son parte del problema que se quiere remediar. Por otra parte, con el apareamiento del concepto “Ciclo de los Desastres”, continúa la creencia de que el desastre es inevitable y recurrente. No se entendió que “el desastre es un problema no resuelto del desarrollo”, (Wijkman, A. y Timberlake, L., 1985, citados en (Wilches--Chaux, 1998, pag. 15)).

Paralelamente al pensamiento fiscalista, las ciencias sociales comienzan a estudiar, desde su punto de vista, el problema de los riesgos, desastres, sus componentes y sus relaciones con la sociedad, a la que desea proteger mejorando sus condiciones de vida. Así aparece la corriente denominada “constructivista” cuyo objetivo es estudiar el comportamiento colectivo durante y después de ocurrido un desastre, comportamiento que varía con el tiempo, ya que la sociedad es dinámica en sí mismo.

Este enfoque de las ciencias sociales se centra más en los procesos que ocurren dentro de la sociedad, de allí que conceptualiza al desastre como resultado de esos procesos que, ante un desastre, inducen a comportamientos individualistas, egoístas, (“sálvese quien pueda”), que exacerbados llevan a conductas anómalas temporales (irrespeto a las normas de comportamiento social: saqueos, asaltos, etc.).

Esta corriente de pensamiento expresa que la sociedad es dinámica cuando se trata de solucionar sus problemas, (no espera que los técnicos lleguen con soluciones foráneas). Así por ejemplo, en el Ecuador, desde épocas ancestrales, mediante el trabajo comunitario o “minga”, los pueblos han dado soluciones a sus necesidades, contando con la colaboración o participación de toda la comunidad. Entonces, desde esta óptica, los desastres pueden ser oportunidades para el desarrollo en ciertas comunidades en las que participa toda la comunidad para lograr el cambio de condiciones y mejorar su calidad de vida, (“Mitigación popular”).

Junto con estos nuevos conceptos derivados de la Sociología, aparece la “Vulnerabilidad Global”, (Susman, O’Keefe y Wisner, 1984, en (Cardona O.D., 2003, pag. 16) ), es decir, aquella que se establece considerando las condiciones políticas, sociales, económicas, culturales, educativas, naturales que convergen en una comunidad particular. Dicho de otra manera, para analizar y cuantificar la vulnerabilidad se debe tener en cuenta, “aparte de los aspectos físicos, factores sociales como la fragilidad de las economías familiares y colectivas; la ausencia de servicios sociales básicos; la falta de acceso a la propiedad y al crédito; la presencia de discriminación étnica, política o de otro tipo; la convivencia con recursos de aire y agua contaminados; altos índices de analfabetismo y la ausencia de oportunidades de educación, entre otros”, (Maskrey 1994, Lavell 1996, Cardona 1996, Wilches 1989, Mansilla 1996, en Cardona, O. D., 2003, pág. 17).

En el ámbito de la economía política, se ha propuesto el modelo de “presión y relajación” (Pressure and Release), en donde se configura el riesgo como resultado de la intersección de la amenaza con una vulnerabilidad creciente debida a causas de fondo, (mencionadas anteriormente) y presiones dinámicas (falta de preparación, ausencia de inversiones locales, crecimiento poblacional, deforestación, urbanización acelerada); ambas colocan en condiciones inseguras a grupos humanos particulares. En estas condiciones, si se manifiesta la amenaza, sobreviene el desastre.

Con este modelo aparecen los conceptos de “elementos esenciales”, aquellos imprescindibles o básicos para la vida y el desarrollo de la comunidad (servicios básicos, de salud, educación, socorro).

El aporte de las ciencias sociales a esta temática radica en que el centro de atención es el riesgo y cómo reducirlo. Aparecen los conceptos de Capacidad de Respuesta, Gestión del Riesgo y Resiliencia. La mitigación ya no consiste en protegerse de la amenaza, reduciendo únicamente la vulnerabilidad física. Se habla de vulnerabilidad global, de mitigación social (la participación de todos sus miembros en la solución de sus problemas), de la Gestión del Riesgo, que se la hace incluyendo la variable riesgo, como eje transversal, en todas las obras de desarrollo general de la comunidad. Parecería ser que existe algo positivo en el riesgo, ya que éste propende a la adaptación, al enfrentamiento exitoso a la adversidad y a la recuperación o regreso a las condiciones iniciales de una comunidad en particular.

Finalmente, desde una óptica holística, cabe mencionarse que el riesgo no se adjunta al desarrollo, es parte del desarrollo, por lo tanto también es dinámico. En consecuencia, la Gestión del Riesgo es un proceso social que busca sostenibilidad en el tiempo y en un determinado lugar y cuyo fin es la previsión, reducción y control de los factores que configuran el riesgo, mediante formas de intervención, desde lo global a lo sectorial, en consonancia con el desarrollo de un territorio, y sujeta a la participación activa y compromiso permanente de todos los miembros de una comunidad. (Peñaherrera, R., 2014).

Siendo las amenazas toda posible manifestación de fenómenos peligrosos de diverso origen y considerando que esta investigación se refiere a aquellos de génesis natural o debidos a la estructura misma de nuestro planeta, sin pretender caer exclusivamente en el fisicalismo, las ciencias naturales constituyen una herramienta

poderosa para analizarlas y caracterizarlas, ya que nos referimos a fenómenos como los terremotos (o macro-sismos), sus orígenes y capacidad de afectación; a los tsunamis u olas gigantes que se abaten sobre las costas, inundando zonas muy adentro en el continente, en donde normalmente no llegan las mareas normales; a los deslizamientos de tierra, como uno de los tipos de movimientos en masa; y a las inundaciones de tipo fluvial, como consecuencia del exceso de lluvias en una área.

Las ciencias de la Tierra, (la Geología y sus ciencias derivadas), estudian a la Tierra, su ubicación y relación con el Universo, su estructura y composición interna y externa; busca comprender los procesos que suceden en su interior y en la superficie y cómo éstos pueden influir o interrelacionarse con los seres humanos y con las formas de vida inferiores, y también de qué manera los seres humanos podemos influir en éstos. “La Geología es una ciencia que pretende ampliar nuestro conocimiento del mundo natural y del lugar que ocupamos en él”. (Tarbuck, E.J. & Lutgens, F.K., 2005).

La Geodinámica es la rama de la Geología que estudia los procesos que transcurren en el interior y exterior de la Tierra. Si se refiere a los procesos que se dan en el interior del planeta, consecuencia de su estructura en sí, se habla de Geodinámica Interna; si se refiere a los procesos propios de la atmósfera y de sus interacciones con la corteza terrestre, se habla de Geodinámica Externa. Estos procesos, tanto internos como externos, continuamente están modificando la apariencia de la Tierra; de allí que el término Geodinámica alude a los permanentes cambios con los que la Tierra expresa su continua evolución, es decir, su vida.

La Geomorfología es una rama de la Geología cuyo significado etimológico se refiere al estudio de las formas de la superficie terrestre. La Geomorfología se enfoca a describir dichas formas y entender su génesis. Por su campo de estudio, esta ciencia tiene vinculaciones con otras, especialmente con la Geografía Física.

La Geomorfología es también una ciencia dinámica ya que los procesos que ocurren en el interior y exterior del Planeta, al manifestarse en la superficie tienen la capacidad de modificarla de manera lenta y continua. Así por ejemplo, los terremotos pueden ocasionar deslizamientos, hundimientos, colapso de taludes; las erupciones volcánicas crean estructuras llamadas volcanes en lugares donde antes no existían. Fragmentos finísimos de lava expulsados en una erupción volcánica, conocidos comúnmente como ceniza, viajan, llevados por el viento, distancias considerables cubriendo vastas

extensiones de terreno, enterrando el paisaje original. La acción de los ríos desgasta la superficie de la Tierra, creando hendiduras, a veces muy profundas, conocidas como “quebradas”, en un proceso lento y continuo, denominado erosión.

Estos ejemplos revelan que la Tierra es un sistema, cuyos procesos se interrelacionan complicadamente entre sí, de tal manera que cualquier cambio en uno de ellos, desata también cambios en otro, y así sucesivamente a perpetuidad. Sin estos cambios, es posible que el hombre, un insignificante bípedo, nunca hubiera llegado a existir.

La Geografía Física o Fisiografía, al igual que la Geodinámica Externa, estudia los componentes externos de la Tierra, (litósfera, atmósfera, hidrósfera, biósfera), pero de una manera holística. Mientras la Geodinámica Externa los estudia por separado, como unidades individuales en sí mismas, la Fisiografía analiza las relaciones recíprocas que se dan entre todas ellas incluyendo el espacio geográfico natural o territorio.

El espacio geográfico es una construcción social que define al entorno en el que se desenvuelven los grupos humanos en su interrelación con el medio ambiente. “El término espacio geográfico hace referencia a la organización económica, política y cultural de la sociedad observada desde un punto de vista geométrico como un conjunto de nodos (ciudades, hitos), líneas (infraestructuras de transporte y comunicación), áreas (usos del suelo, lugares), flujos (intercambios de información, mercancías), jerarquías (rango de ciudades y lugares)”. (Strahler, 2008).

Jean Tricart dice que el espacio geográfico “posee dos dimensiones fundamentales, la ubicación espacial y la ecológica. De allí se definen dos grandes sistemas que interactúan entre sí y que lo conforman”. (Tricart, 1969). El propósito práctico de la Geografía Física es aplicable en el ordenamiento ambiental del territorio, así como en estudios de impacto ambiental y de riesgos naturales. Actualmente, esta disciplina científica recibe el aporte técnico de los Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección o Percepción remota. (García-Tornel, 1997).

La Percepción Remota es la técnica que permite obtener información a distancia de objetos situados sobre la superficie terrestre sin que exista un contacto material con ellos, a través de la interacción entre algún tipo de radiación que emite el objeto y un elemento sensible a ella, llamado sensor. El caso más común de radiación suele ser la

luz solar reflejada por los objetos (infrarrojo y luz visible) y captada por un elemento sensor físico o electrónico. Este caso se llama teledetección pasiva.

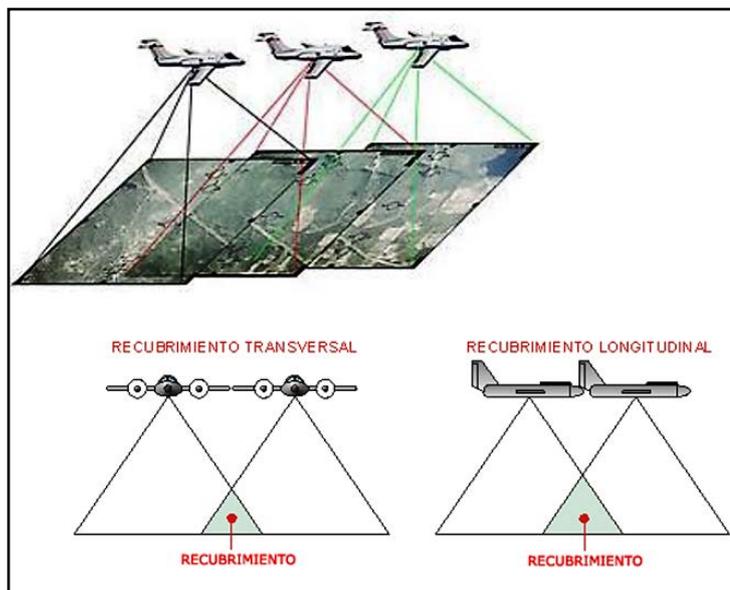
Desde que se inició la vida en la Tierra, todos los seres han sido sensibles a los cambios de luz, es decir, poseían ya un sistema de teledetección pasiva, rudimentario al principio y con el transcurso del tiempo, cada vez más perfeccionado, hasta llegar a formar el órgano conocido como ojo. Así, el primer sensor remoto fue desarrollado por la naturaleza hace millones de años, a lo largo de un proceso lento llamado evolución. Es a través de los ojos que somos capaces de percibir la luz, los objetos, colores, formas, tamaños y demás atributos del medio en que vivimos.

La visión binocular, con dos ojos situados al frente, cada uno captando la misma imagen, nos permite tener la sensación de distancia y profundidad entre los objetos, a través de la superposición de dos imágenes vistas con diferente ángulo, mismas que en el cerebro se funden en una sola. Ahí es cuando tenemos la sensación de las tres dimensiones o visión estereoscópica.

La técnica de la fotografía constituye otra forma de teledetección pasiva, sea que se capte con sensor físico (rollo fotográfico) o electrónico (fotocelda). El desarrollo de la fotografía aérea ha sido una herramienta extremadamente útil para las ciencias geológicas y geográficas ya que ha permitido caracterizar de mejor manera la superficie terrestre y los objetos que en ella se encuentran. En este caso, la fotografía aérea es una ayuda para identificar deslizamientos o inundaciones fluviales y determinar su área de influencia.

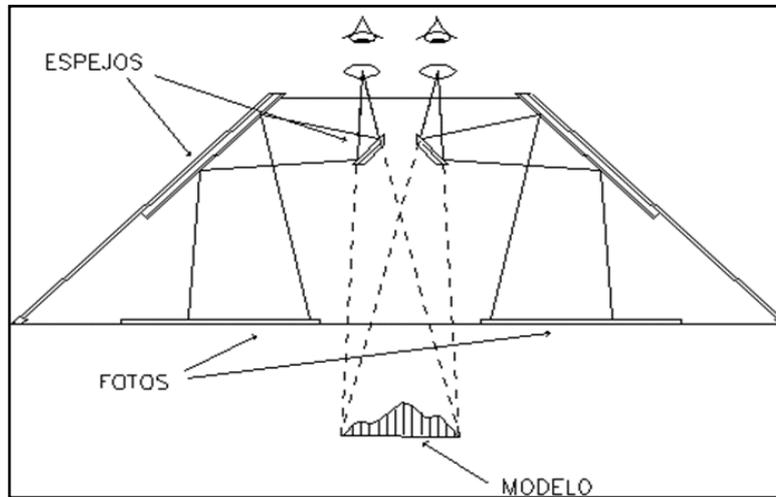
Las fotografías aéreas deben tomarse con el eje óptico de la cámara perpendicular al suelo, (fotografía vertical) y en serie, de manera tal que exista una superposición entre ellas de, aproximadamente, 60%. Las fotografías homólogas así tomadas se dice que tienen recubrimiento o traslape, (Figura 1), y toda la serie se llama “línea de vuelo”. A las fotografías aéreas se las coloca bajo un instrumento llamado estereoscopio de espejos, en pares consecutivos. Este instrumento permite “ver” las fotografías con sensación de tres dimensiones, en donde la percepción de la altura o profundidad está exagerada, a fin de resaltar de mejor manera el relieve.

El aparato consiste en cuatro espejos ubicados de forma tal que las imágenes se transmitan por reflexión hacia los oculares, realizándose la observación de las fotografías en forma ortogonal a éstas, (Figuras 2 y 3).



**Figura 1 Fotografías aéreas superpuestas conformando una línea de vuelo**

Fuente: <http://www.adystechology.com.mx/fotogrametria.html>



**Figura 2 Principio de funcionamiento de un estereoscopio de espejos**

Fuente: [http://www.gisiberica.com/estereoscopos/estereoscopos\\_de\\_espejos.htm](http://www.gisiberica.com/estereoscopos/estereoscopos_de_espejos.htm)



**Figura 3 Observación de fotografías aéreas con el estereoscopio de espejos**

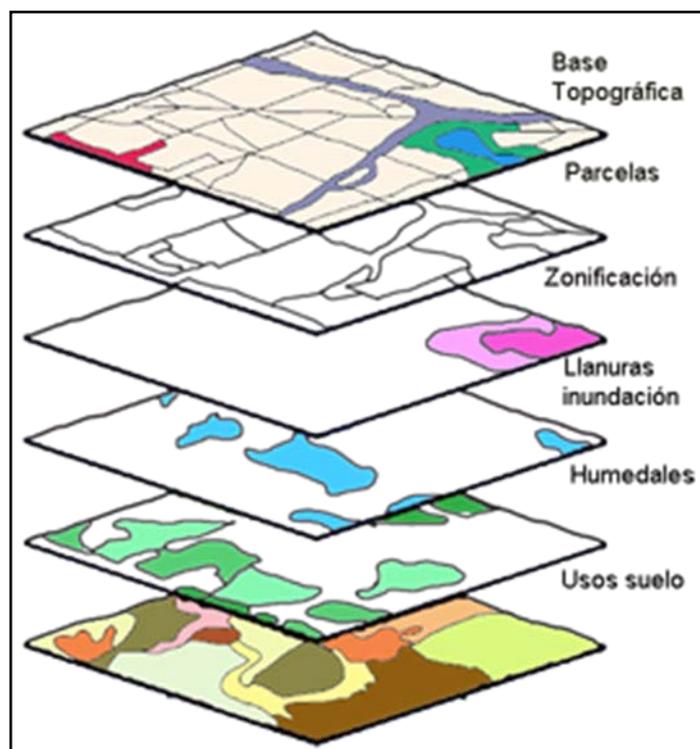
Fuente: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26233>

Actualmente la técnica de la fotografía digital, complementada con los Sistemas de Información Geográfica, (GIS, por sus siglas en inglés), está desplazando a la fotografía en papel y al uso del estereoscopio de espejos, por las facilidades de almacenamiento y transporte que supone el uso de material digital y la rapidez y facilidad en la elaboración de cartografía temática o específica.

Para cartografiar las amenazas de origen natural actualmente se cuenta con el apoyo de los GIS y los Sistemas de Posicionamiento Global, (GPS, por sus siglas en inglés), disponibles también en dispositivos móviles como teléfonos celulares y tabletas, más conocidas como “tablets”, por su nombre en inglés.

Un GIS es un sistema, que a través de software específico, permite crear, representar, integrar y analizar de forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada (con coordenadas que definen su posición en el terreno), asociada a un espacio geográfico, conectando mapas con bases de datos. Los mapas se elaboran mediante la superposición de capas lógicas de información geográfica que contienen también los atributos de los objetos en ella representados (información tabular). Cada capa puede visualizarse de manera individual o colectiva. Expresado de otra manera, un mapa elaborado utilizando tecnología GIS está compuesto de varias capas temáticas de información geográfica y tabular organizadas de forma lógica. De este modo cada capa contiene a la vez información geográfica (dónde está tal cosa) y

atributos (qué características podemos encontrar en un lugar concreto). (Figura 4). Esta especial característica convierte a esta tecnología en única.



**Figura 4 . Superposición de capas temáticas en un SIG**

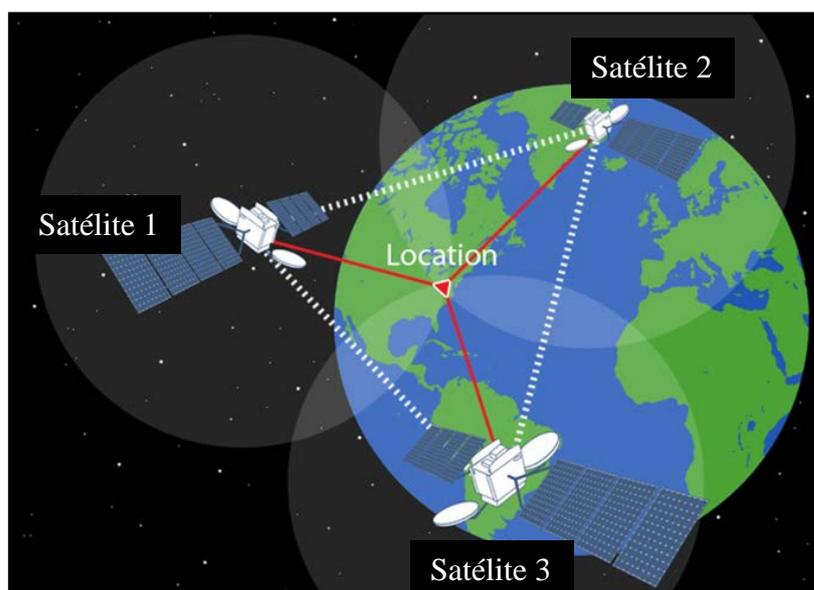
Fuente: <http://www.stig.usal.es/quehacemos.php>

Con estas cualidades los GIS pueden establecer relaciones entre los fenómenos u objetos en base a criterios geográficos, es decir, pueden analizar datos no espaciales vinculados a datos espaciales; por esto, para trabajar con un GIS, la condición necesaria es que los datos geográficos estén georreferenciados, es decir, que su posición en el terreno esté perfectamente establecida según un sistema de coordenadas previamente establecido. En la actualidad esto se hace con ayuda del GPS.

El GPS es un servicio desarrollado, instalado y empleado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América, que proporciona a los usuarios información sobre posicionamiento, navegación y tiempo, de tal forma que se puede establecer en cualquier lugar y en todo momento la posición de un objeto con una gran precisión, que puede llegar hasta los centímetros, según el tipo y capacidad del receptor GPS para captar las diversas señales. Este sistema está constituido por una constelación de, al menos, 24 satélites que orbitan alrededor del planeta,

aproximadamente a 20.200 km de altura, con trayectorias diseñadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. Están operados y controlados por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. (Gobierno de los Estados Unidos, 2017) .

Cuando se desea encontrar la posición de un objeto sobre el terreno, el receptor GPS del usuario debe localizar, como mínimo tres satélites de la red o constelación, de los que recibe señales de radio con la identificación y la hora del reloj de cada uno de ellos. Con base en estas señales, el aparato receptor, en base al desfase de las señales emitidas por los satélites y las captadas por el receptor, calcula la distancia a cada uno de ellos. Conocidas las distancias, se determina la propia posición relativa respecto a los tres satélites. Este método se llama trilateración inversa, (Figura 5).



**Figura 5 Método de trilateración inversa usado por el sistema GPS**

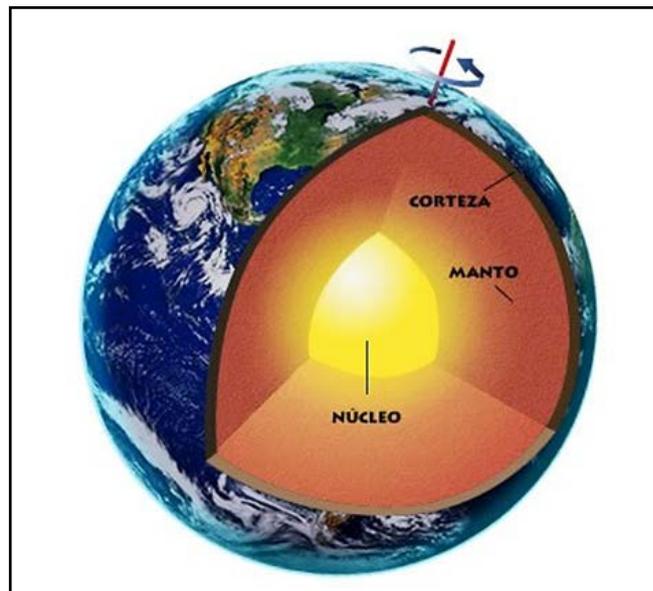
Fuente: modificado de: <http://telecoworld.org/sistemas-de-navegacion-gps-vs-glonass-vs-galileo/>

Los Estados Unidos de América no es el único país que ha desarrollado este sistema de navegación. La ex Unión de Repúblicas Soviéticas construyó un sistema similar llamado GLONASS, ahora operado por la Federación Rusa. La Comisión Europea desarrolló el sistema de navegación Galileo, mismo que inició su operación en diciembre de 2016 con su red de satélites diseñada para operar, especialmente, sobre Europa y el Océano Atlántico. La República Popular China está implementando su

propio sistema de navegación, denominado Beidou, diseñado para operar con 30 satélites. En diciembre de 2012 tenía 14 satélites en órbita. (Petrovski, I., 2014).

Las amenazas naturales, como su nombre lo indica, son fenómenos que ocurren por la composición misma del Planeta. En este contexto, para entenderlas se debe recurrir la Geología, ciencia que estudia al planeta Tierra desde el punto de vista de su estructura interna y externa, y los procesos que en ella ocurren.

Internamente nuestro planeta no es homogéneo. Los estudios de propagación de las ondas sísmicas de los grandes terremotos demuestran que el interior de la Tierra es un conjunto de capas superpuestas con diferentes características. (Universidad de Tromsø, Noruega, 2009) . Existen dos modelos del interior de la Tierra. El primero de ellos, denominado “modelo estático”, (Figura 6), considera al interior de la Tierra como un conjunto de tres capas: corteza o litósfera, manto y núcleo, diferenciadas según su composición química.

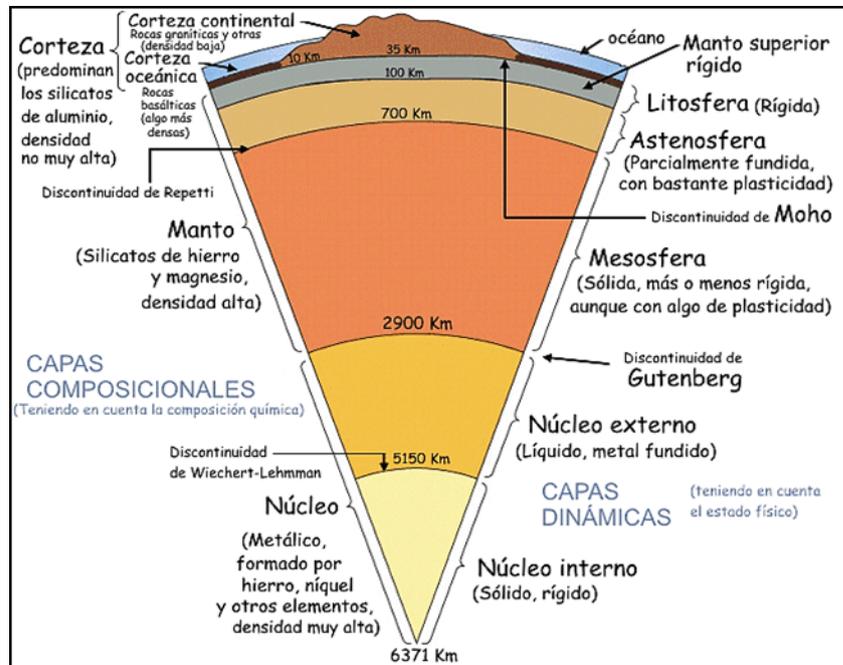


**Figura 6 Estructura interna de la Tierra según el modelo estático**

Fuente: <https://www.portaleducativo.net/cuarto-basico/746/Estructura-Interna-de-la-Tierra>

El segundo modelo, denominado “dinámico”, concibe al interior de la Tierra como un conjunto de capas que se diferencian entre sí por sus propiedades físicas y dinámicas. Según este modelo, el interior del planeta estaría conformado por la litosfera o corteza, astenósfera, mesósfera o manto, núcleo externo y núcleo interno.

El gráfico siguiente, (Figura 7), muestra la estructura interna de la Tierra según estos dos enfoques.



**Figura 7 Estructura interna de la Tierra según los dos modelos**

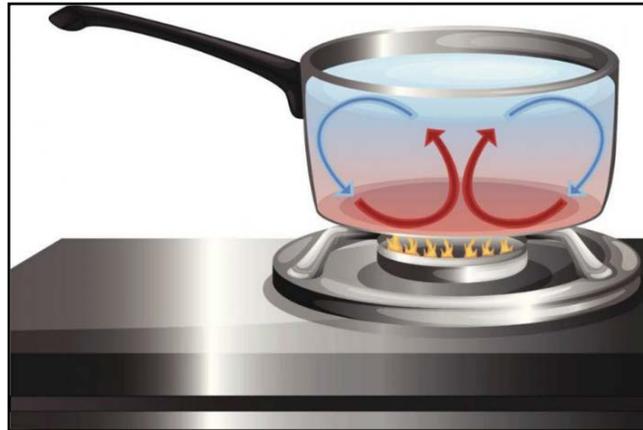
Fuente: <http://cuadrocomparativo.org/cuadros-sinopticos-sobre-las-capas-de-la-tierra-para-usar/>

La litósfera o corteza es la capa más externa de la tierra, está representada por los continentes, (corteza continental) y por el fondo de los océanos, (corteza oceánica). La corteza continental tiene un espesor promedio de 35 Km, pero bajo las cadenas montañosas puede alcanzar valores de hasta 60 Km. Está compuesta de rocas cuyos minerales son compuestos de silicatos de aluminio, por lo que su densidad es baja.

La corteza oceánica o suelo del océano, tiene un espesor, más o menos uniforme, de 10 Km, cuyas rocas están compuestas por minerales ricos en hierro y magnesio, elementos que les confieren una alta densidad y una coloración gris-negruzca. Inmediatamente bajo la corteza se encuentra el manto litosférico, que representa la zona de transición corteza-astenosfera.

La astenosfera es la capa interna de la Tierra que más relevancia tiene para el planeta. Se encuentra a una profundidad entre los 100 Km hasta los 700 Km y a una temperatura cercana a los 2500 °C. Su estado es plástico, por lo que el material se mueve lentamente al compás de las corrientes de convección, (Figura 8), que son la

manera como se transmite el calor proveniente de las capas más profundas del planeta, y constituyen el “motor” que mueve a las placas tectónicas.



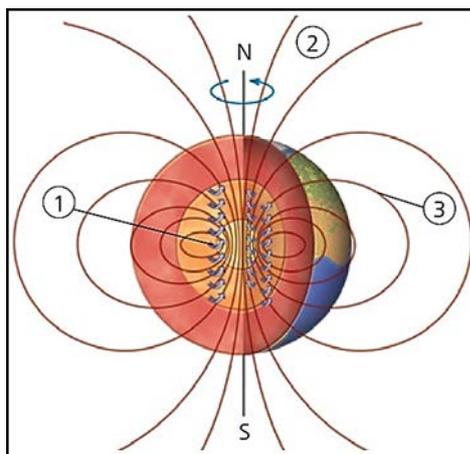
**Figura 8 corrientes de convección en un líquido**

Fuente: <http://www.vix.com/es/btg/curiosidades/5074/que-es-la-convección>.

Entre la corteza terrestre y el núcleo, en una posición intermedia se encuentra el manto que se extiende hasta los 2.900 km de profundidad. Se divide en manto superior y manto inferior. El manto superior está inmediatamente bajo la astenósfera, su estado es parcialmente fundido y su temperatura alcanza los 3000°C. El manto inferior está separado del superior por la llamada zona de transición. Su estado es sólido y alcanza una temperatura de 3000° C. El manto inferior también se denomina mesosfera.

El Núcleo es la capa más interna de la Tierra. No se conoce con certeza el estado físico al que se encuentre. Está compuesto principalmente de hierro y níquel, que son elementos muy pesados. El núcleo se divide en externo e interno y su temperatura va de 4.000°C a 6000°C y es una zona donde el hierro se encuentra en estado Líquido. Este material es buen conductor de electricidad y circula a gran velocidad en su parte externa. A causa de ello, se producen las corrientes eléctricas, que dan origen al campo magnético de la Tierra. (Figura 9).

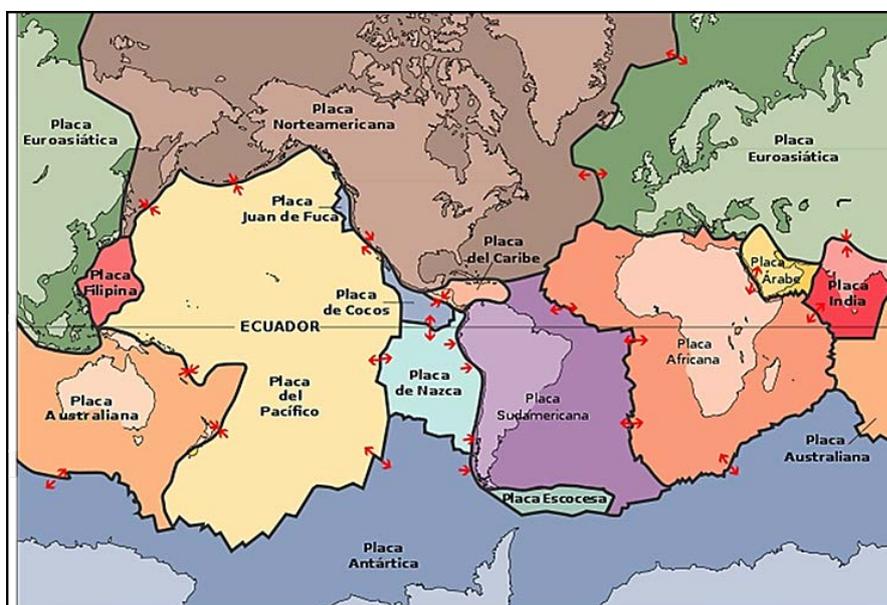
El Núcleo interno es una esfera que se encuentra en estado sólido, (a pesar de que su temperatura es de 6000°C), debido a las extremadamente altas presiones litostáticas. Las altas temperaturas se explican por procesos de fisión nuclear de elementos radioactivos existentes en el interior del núcleo.



**Figura 9 Campo magnético de la Tierra**

Fuente: <https://www.blinklearning.com>

“Flotando” en la astenósfera se encuentra la corteza terrestre, misma que se mueve arrastrada por las corrientes de convección, en diferentes sentidos, razón por la que esta capa superficial no es homogénea, sino que se encuentra fracturada en una decena de partes grandes y otro tanto de piezas más pequeñas o secundarias, todas, en conjunto, llamadas “placas tectónicas”. (Figura 10).

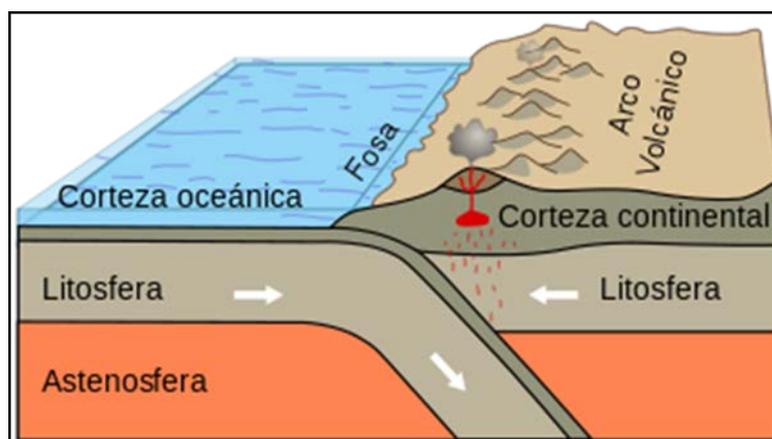


**Figura 10 Placas Tectónicas de la Tierra**

Fuente: <https://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/>

Muchas placas se componen solamente de suelo oceánico, como la placa del Pacífico o la de Nazca, y otras son mixtas, es decir están compuestas de corteza oceánica y continental como el caso del África y Sudamérica.

Los movimientos de las corrientes de convección hacen que las placas interactúen entre sí. En ciertos casos las placas se mueven en direcciones convergentes hasta llegar al choque, en cuyo caso la más pesada, la corteza oceánica, se hunde (subduce) bajo la continental, creando una depresión profunda denominada “fosa”. Finalmente, la placa subducente alcanza la astenósfera, se funde parcialmente y se interna en el manto. (Figura 11).

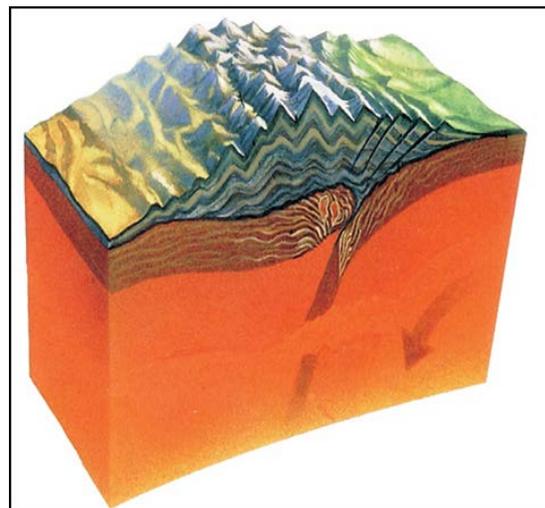


**Figura 11 Choque o convergencia de placas tectónicas**

Fuente: modificado de <https://bs.usgs.gov/gip/dynamic/understanding.html>

Consecuencia de este choque de placas las rocas en el continente se plegan, dando origen a las grandes cadenas montañosas, en nuestro caso, los Andes, cuya disposición es, característicamente, paralela a la “fosa oceánica”. A través de fracturas de la corteza continental, producto de esta convergencia, asciende material fundido desde la astenósfera dando lugar, en la superficie, al fenómeno volcánico. (Figura 11).

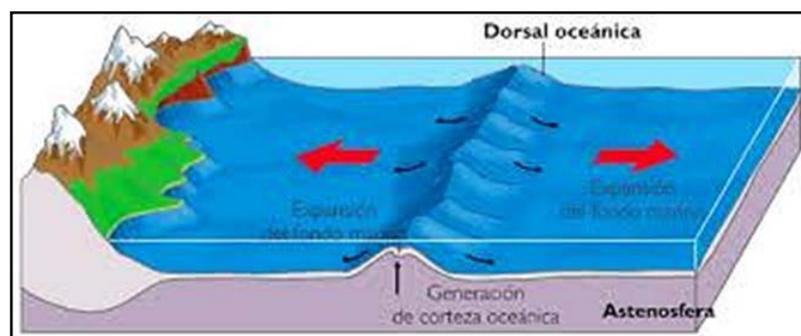
También pueden converger o chocar dos continentes, en cuyo caso, por tener la misma densidad se dan procesos de obducción, es decir, a incrustarse uno con otro, plegándose y levantándose a muchos kilómetros sobre el nivel del mar. Es el caso del de la India que chocó con el Sur de Asia, hace 55 millones de años, creándose el enorme cinturón orogénico del Himalaya. (USGS, 1996). (Figura 12).



**Figura 12 Obducción de Placas**

Fuente: Andrés Cruz Yoris. Funvisis, Venezuela.

Si la corteza se encuentra sobre corrientes de convección divergentes, las fuerzas de tracción la adelgazan y rompen, separando las dos partes. Se forma una gran fractura o rift por donde el material fundido, procedente de la astenósfera, genera abundante actividad volcánica. Este fenómeno sucede, predominantemente, en los fondos oceánicos, donde el continuo volcanismo forma extensas cordilleras submarinas llamadas “dorsales”. Buenos ejemplos pueden ser la dorsal del Océano Pacífico oriental y la dorsal del Océano Atlántico. (Figura 13).



**Figura 13 Separación de Placas y formación de dorsales oceánicas**

Fuente: <https://www.definicionabc.com/geografia/dorsal-oceanica.php>

En otros lugares, la interacción de placas se limita a deslizarse una con respecto a otra, en un movimiento de cizalla, (falla transformante), rozándose una con la otra. Un ejemplo bien conocido de esta interacción constituye la Falla de San Andrés, en

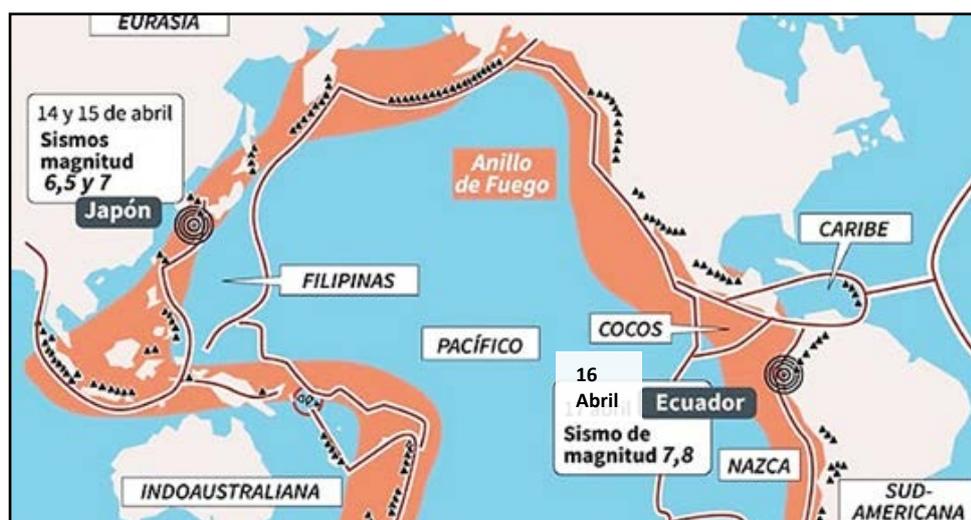
California, Estados Unidos. (Figura 14). Ésta tiene 1300 Km de largo. El lado izquierdo es la corteza oceánica que roza con la continental, en el borde de la derecha. En los límites de placas se generan sismos (terremotos) y erupciones volcánicas, excepto en casos de obducción o fallas transformantes, (donde ocurren solo sismos).



**Figura 14 Vista aérea de la falla de San Andrés, California (EE.UU.)**

Fuente: USGS

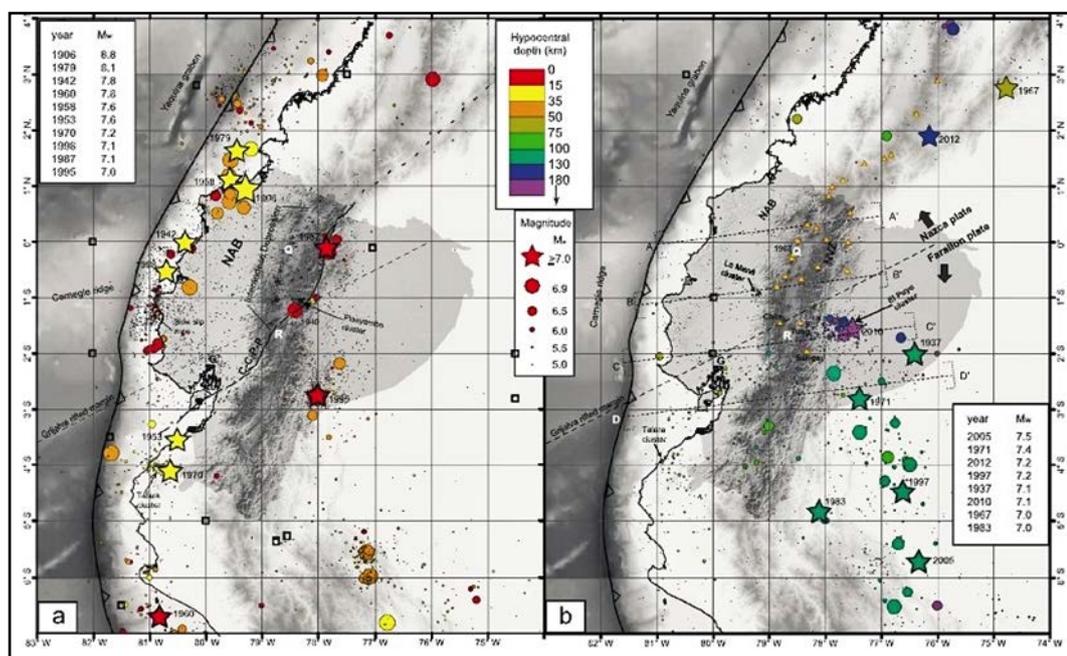
El “Anillo de Fuego del Pacífico”, es un ejemplo, a escala planetaria, de la interacción de placas, por ello existe gran actividad volcánica y sísmica. La placa tectónica del Pacífico choca y se hunde bajo Eurasia, Australia, Antártida, América del Norte. Cerca de Sudamérica se divide en dos: Cocos y Nazca, las que chocan y subducen, (se hunden) bajo Sudamérica. (Figura 15).



**Figura 15 Anillo de Fuego del Pacífico**

Fuente: <http://www.cronicaviva.com.pe/terremoto-ecuador-y-peru-dentro-del-anillo-de-fuego--del-acifico/>

Los sismos o terremotos son vibraciones y sacudidas de la capa superficial de la Tierra, por liberación brusca de energía acumulada en las rocas sometidas a grandes presiones, en el instante mismo en que éstas se rompen, como sucede en los límites o bordes de las placas tectónicas. En el caso del Ecuador y de otros países con costas al Océano Pacífico, estos eventos se registran a lo largo de la fosa oceánica o zona donde se inicia la subducción de la Placa Nazca bajo el continente. (Yepes, H., L. Audin, A. Alvarado, et al., 2016). (Figura 16).

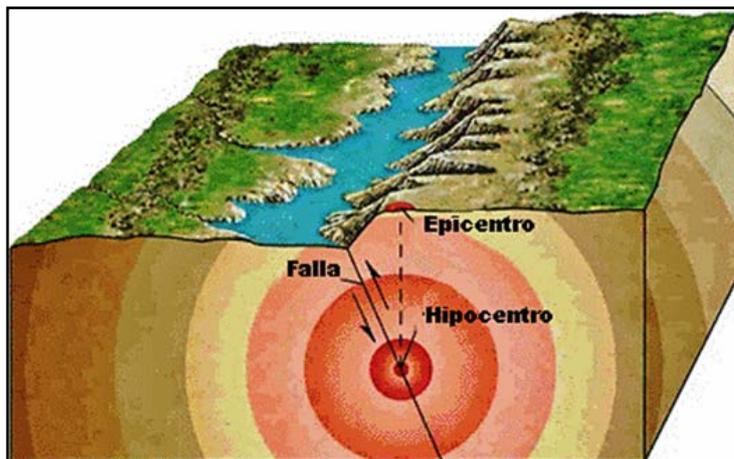


**Figura 16 Epicentros sísmicos a lo largo de la fosa oceánica ecuatoriana**

Fuente: Yepes, H., et al. 2016

El lugar donde las rocas fallan (es decir, se fracturan), se llama “hipocentro” y su proyección vertical en superficie se denomina “epicentro”, siendo éste el lugar donde más se sienten los efectos del fenómeno. (Figura 17). Existen dos maneras de medir los sismos, mediante la escala de Richter o de magnitud local (ML), que es una escala abierta y mide la energía liberada por un sismo en el hipocentro utilizando los gráficos trazados por el sismógrafo, (se mide la amplitud de las ondas sísmicas registradas y a partir de esta medida se calcula la energía, utilizando ecuaciones de relación adecuadas). La escala Richter es logarítmica decimal, así pues, cada incremento en una unidad, la energía liberada se multiplica por 10. En otras palabras, un sismo de

magnitud 8 será 10 veces más fuerte que uno de magnitud 7, y así sucesivamente, (Figura 18).



**Figura 17 Hipocentro y epicentro sísmicos**

Fuente: <http://www.hiru.eus/geologia/que-es-la-geomorfologia>

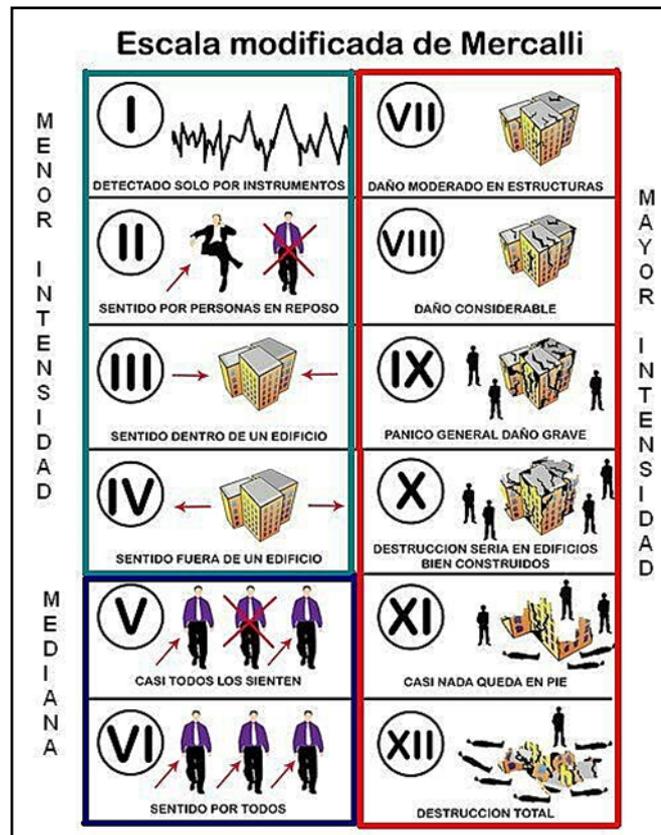
Magnitud en Escala Richter	Efectos del terremoto
<b>Menos de 3.5</b>	Generalmente no se siente, pero es registrado
<b>3.5 - 5.4</b>	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores
<b>5.5 - 6.0</b>	Ocasiona daños ligeros a edificios
<b>6.1 - 6.9</b>	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
<b>7.0 - 7.9</b>	Terremoto mayor. Causa graves daños
<b>8 o mayor</b>	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

**Figura 18 Escala de Richter**

Fuente: <http://cuandolatierrasemueve.blogspot.com/2009/11/terremotos.html>

Otra manera de medir el “tamaño” de un sismo, es mediante la escala de Mercalli Modificada (M<sub>M</sub>), sobre la base de estimar los daños causados en la infraestructura física de un territorio, considerando el tipo de material de construcción. A diferencia de la anterior, es una escala subjetiva porque que depende de la percepción de las personas para estimar y describir la intensidad de los daños causados por el fenómeno.

Esta escala tiene doce grados de intensidad expresados en números romanos, para diferenciarla de la anterior, (Figura 19).

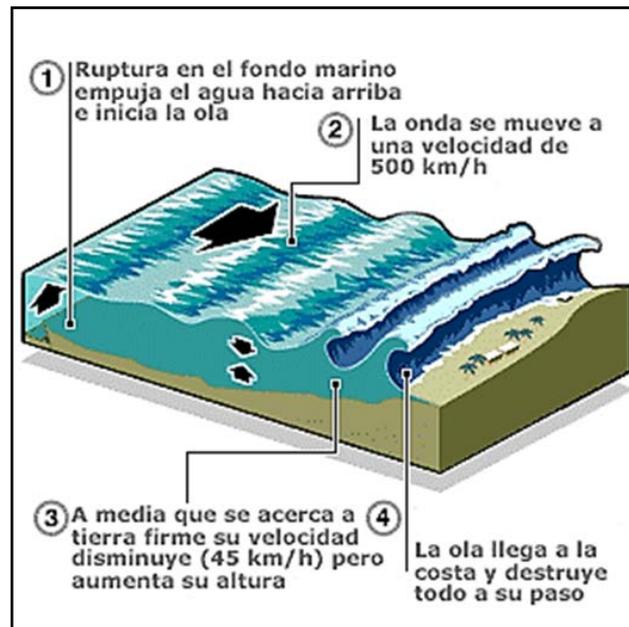


**Figura 19 Escala Mercalli Modificada**

Fuente: U.S. Geological Survey.

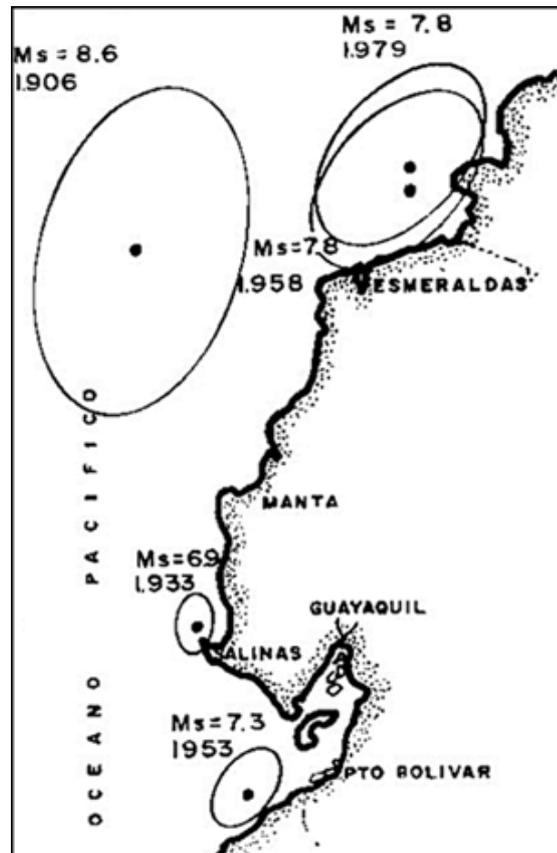
Si la rotura o falla de las rocas ocurre en la corteza oceánica, (en el fondo del mar), la liberación de energía sísmica levanta bruscamente un fragmento del suelo oceánico, causando un empuje vertical de la masa de agua. Esta perturbación viaja en forma de ondas de marea hacia la costa, en donde al disminuir la profundidad, la altura de la ola, (o cresta), aumenta significativamente, abatiéndose costa adentro mucho más que una marea normal, destruyendo así la infraestructura física que se oponga a su trayectoria, (muelles, malecones, edificaciones en general). (Figura 20).

En el Ecuador, entre los años 1906 a 1979, se produjeron cinco eventos de este tipo por terremotos importantes, cuyos epicentros en Puerto Bolívar, Salinas y Esmeraldas, siendo la zona fronteriza de Ecuador – Colombia, la de mayor actividad sísmica, con posibilidad de generar tsunamis altamente destructivos. (Figura21). (Espinoza, J., 1992).



**Figura 20 Formación de un tsunami**

Fuente: <https://oceanografos.wordpress.com/tag/tsunami/>



**Figura 21 Tsunamis ocurridos en el Ecuador desde 1906**

Fuente: Espinosa, J. 1992

Eventualmente, un sismo fuerte puede desestabilizar suelos que se encuentren en precario equilibrio, ocasionando “Fenómenos de Remoción en Masa”, (FRM). Desde luego, estos fenómenos de remoción pueden tener también origen externo, por interacción de la litósfera con la atmósfera, la hidrósfera y la biósfera. Así, los terrenos deforestados con fuerte pendiente, con modificación artificial de la inclinación de sus pendientes, o con propensión a la saturación por agua meteórica o de otra fuente, son muy susceptibles a presentar FRM.

Existe una gran variedad de FRM, siendo los más conocidos los deslizamientos, hundimientos, reptación, flujo y colapso de taludes. Estos últimos implican la caída libre de material (rocas y tierra), por acción de la fuerza de gravedad y fenómenos de erosión.

El hundimiento de tierra, (Figura 22), es un movimiento en sentido vertical descendente, causado por pérdida de soporte debido a erosión hídrica sub-superficial. Hundimientos ocurren generalmente en zonas donde hay roturas del sistema de alcantarillado o fugas de agua a la profundidad que causan el “lavado” o transporte del material del subsuelo, quedando las capas superiores sin soporte por lo que finalmente colapsan.

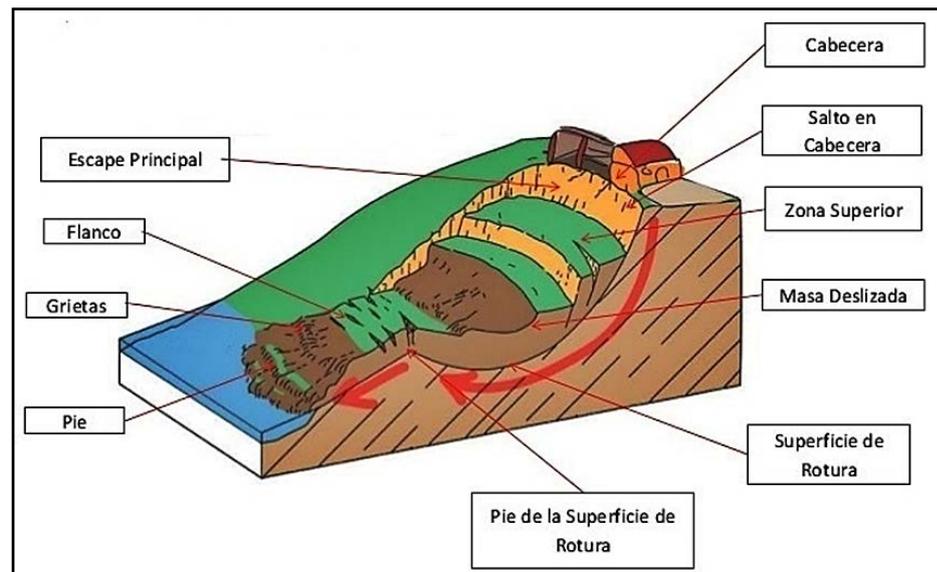


**Figura 22 Hundimiento de tierra en exteriores del Estadio Olímpico Atahualpa- Quito, mayo 2017**

Fuente-<http://www.larepublica.ec/blog/sociedad/2017/04/10/hundimiento-de-tierra-en-exteriores-del-estadio-olimpico-atahualpa/>

Los deslizamientos son movimientos de la capa sub- superficial del suelo a lo largo de una superficie de falla, corte o ruptura, (plano de deslizamiento), pendiente abajo. Según la forma del plano de deslizamiento los deslizamientos pueden ser planares o

rotacionales. En los deslizamientos rotacionales, la superficie de ruptura es cóncava hacia arriba, entonces los materiales que se desplazan rozando con éste, dan un vuelco característico hacia atrás, generándose múltiples fracturas a manera de escalones, en el material deslizado. La Figura 23 muestra un deslizamiento rotacional, con la nomenclatura de sus partes constitutivas.

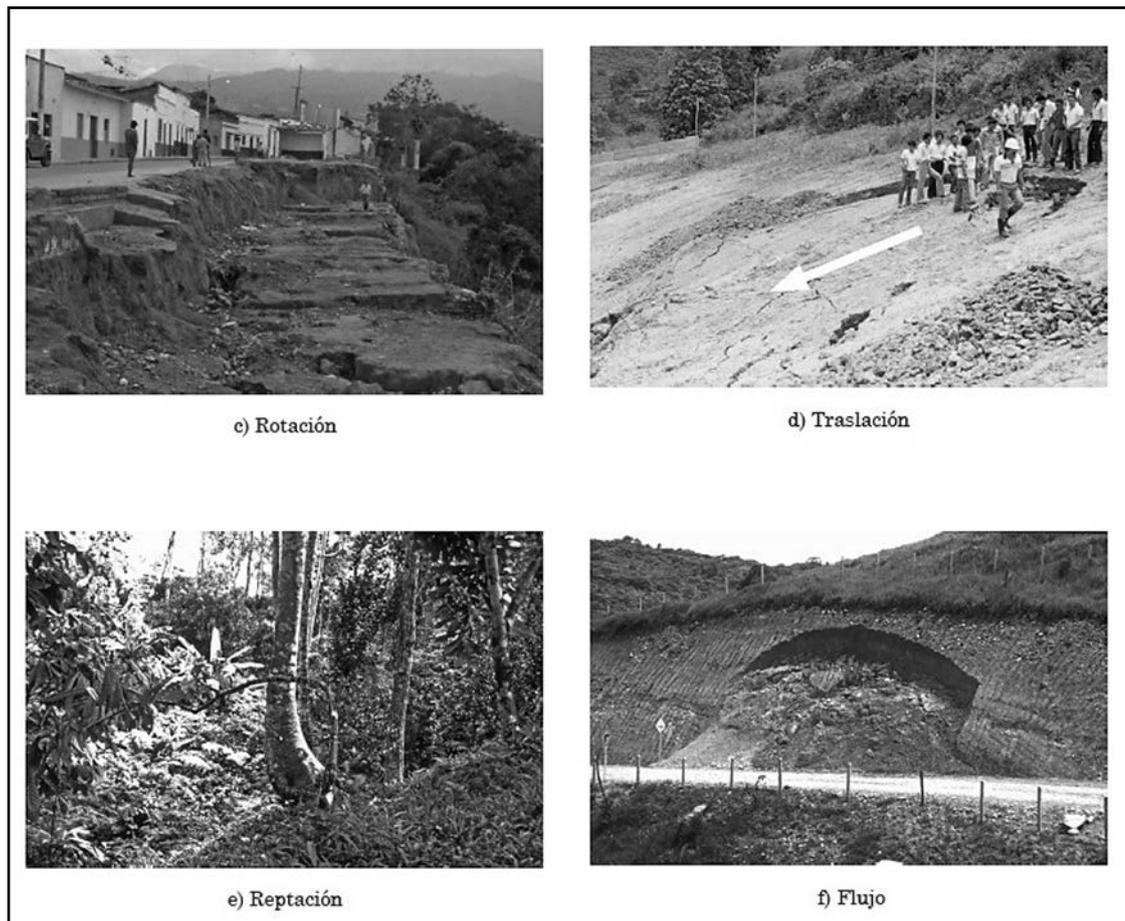


**Figura 23 Partes de un deslizamiento**

Fuente: <https://es.slideshare.net/juancg20037/desastres-topograficos-deslizamientos-y-movimientos-de-tierra>, diapositiva 11

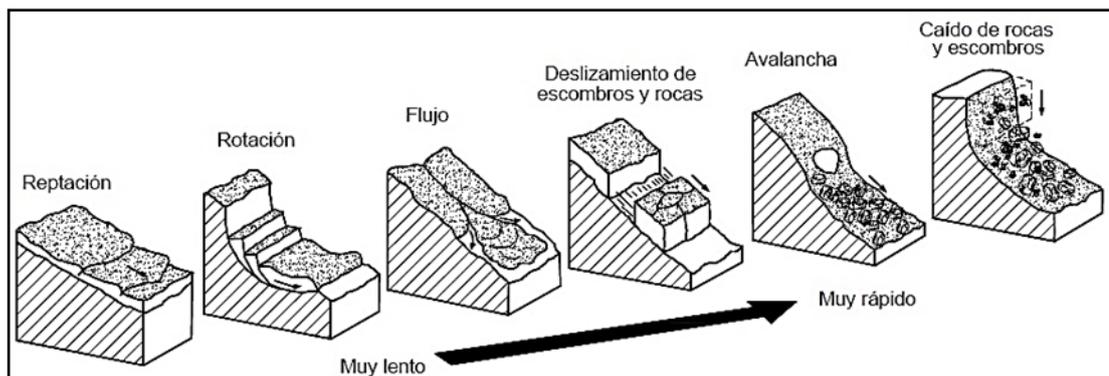
En el deslizamiento planar o traslacional el movimiento de los materiales se realiza a lo largo de una superficie más o menos plana, sin que existan movimientos de volteo. En zonas de pendiente fuerte, la masa deslizada puede convertirse en flujo de tierra, al moverse el material de manera independiente, sobre una masa más grande que se desliza.

La reptación, en cambio, es un movimiento extraordinariamente lento de las capas sub-superficiales del suelo sin un plano o superficie de falla definida. Sus movimientos suelen ser de pocos milímetros al año, según la pendiente y condiciones de humedad del suelo. Se la identifica por la deformación que sufren árboles y cercas, sin llegar a caer. La figura 24 muestra fotografías que tipifican estos tipos de deslizamientos. (Suárez, 2013). Según la velocidad de ocurrencia, los FRM pueden clasificarse de la manera mostrada en la figura 25. (Suárez, 2013, óp. cit.).



**Figura 24 Tipos de deslizamientos**

Fuente: Suárez, 2013 p. 16



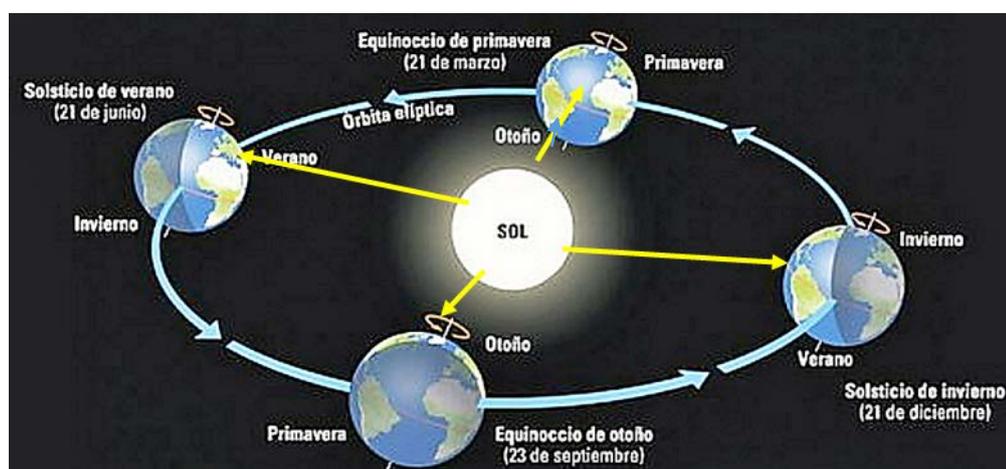
**Figura 25 Tipos de FRM según la velocidad de ocurrencia**

Fuente: Suárez, 2013 p. 31

Con referencia a los fenómenos de la geodinámica externa del Planeta, los meteoros atmosféricos son los más conocidos y frecuentes. Entre éstos se puede citar: heladas, olas de calor, tormentas, vientos huracanados, lluvias torrenciales con tormentas

eléctricas, y eventos océano - atmosféricos como el fenómeno “El Niño” o su opuesto, “La Niña”.

En el Ecuador no existen las cuatro estaciones del año como en los países australes o septentrionales debido a su posición sobre la línea ecuatorial, donde todo el año los rayos solares inciden perpendicularmente a ella. (Figura 26). Esto hace que el día y la noche tengan casi idéntica duración y que el clima se mantenga más o menos constante durante todo el año.



**Figura 26 Las cuatro estaciones**

Fuente <http://www.astromia.com/tierraluna/estaciones.htm>

Por tanto, no es correcto referirse a “invierno” o “verano”, según llueva o no. En el Ecuador se tiene una época seca y otra lluviosa. Estas temporadas están fuertemente influenciadas por los vientos y corrientes marinas de los Océanos Atlántico y Pacífico y por las condiciones climáticas imperantes en el continente Antártico. La época de lluvias comienza, generalmente, a partir del mes de Noviembre y dura hasta mediados de Abril. La época seca se inicia a mediados del mes de Mayo y dura hasta Octubre, aunque en la actualidad hay variaciones como resultado del efecto “invernadero”.

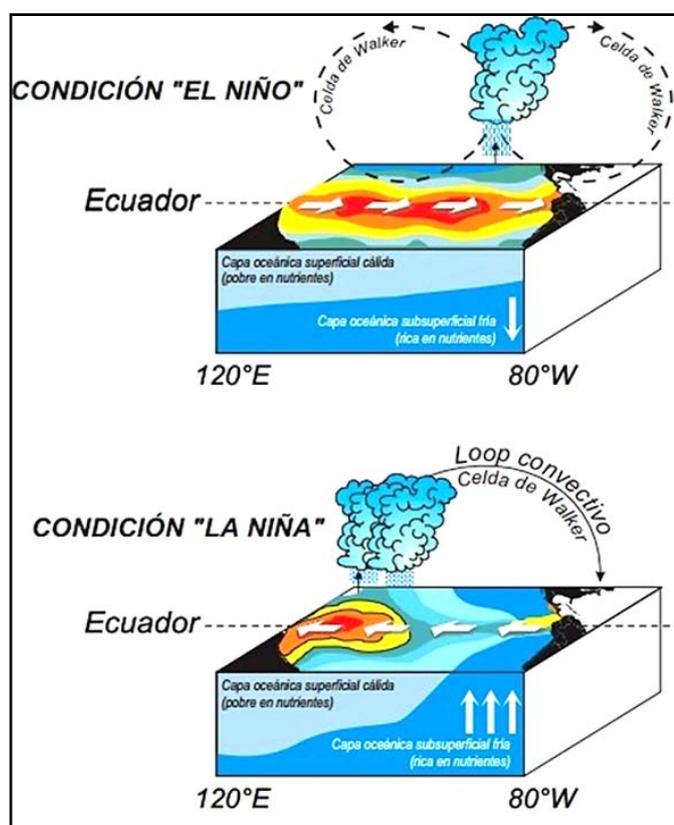
El fenómeno “El Niño” es una perturbación océano – atmosférica conocida desde tiempos pre-colombinos por los pescadores del Perú y Ecuador, (Glantz, 1996, citado en (Maturana J., 2004) , debido a la disminución de la pesca por calentamiento inusual de las aguas superficiales del Océano Pacífico, en épocas cercanas a la celebración de la Navidad, de allí el nombre de “El Niño”.

Este fenómeno constituye una oscilación entre una fase cálida, (El Niño) y una fase fría (La Niña), que se manifiesta por un calentamiento o enfriamiento anormales de las

aguas superficiales del mar. Estas anomalías en la temperatura del mar acarrearán alteraciones del clima especialmente en los países con costas al Océano Pacífico. Así, durante los períodos El Niño, se deprime la corriente fría de Humboldt y la evaporación de las aguas cálidas ocasionan lluvias excepcionales en el continente.

El fenómeno contrario sucede en los períodos fríos o “La Niña”, que es cuando se fortalece la corriente fría de Humboldt. En este caso, la temperatura del mar en las costas americanas es muy fría por lo que no hay evaporación, produciéndose sequías extremas, especialmente en las costas del Ecuador. (Figura 27). Esta oscilación climática se manifiesta en forma periódica en intervalos irregulares que van desde los 3 a los 7 años. (Maturana, J., 2004. óp. cit.).

No se conoce las causas que desencadenan estos cambios, pero sí se puede monitorear las condiciones de temperatura de las aguas del mar y la dirección de los vientos para pronosticar la ocurrencia o no de este evento. Los dos episodios cálidos más importantes de los últimos años fueron los de 1982-1983 y 1997-1998.

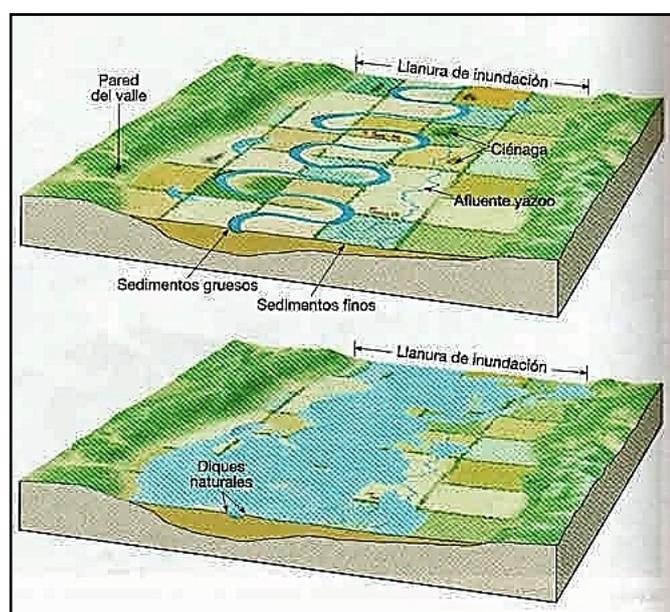


**Figura 27 Condiciones atmosféricas “El Niño” y “La Niña”**

Fuente: Maturana, J. 2004, p. 24

El evento ocurrido en los años 1982-1983 fue uno de los más fuertes y de ingrata recordación en el Ecuador; el agua caída fue 30 veces superior a lo normal (Guayaquil, junio de 1983), mientras que en el norte de Perú llegó a ser 340 veces superior a lo normal (Paita, mayo de 1983). Como consecuencia de esto, el aumento en el caudal de los ríos y la consiguiente inundación de vastas regiones, con pérdidas de vidas humanas y materiales, tuvo repercusiones económicas importantes. (Maturana, 2004. óp. cit.).

En temporada lluviosa, y durante el fenómeno “El Niño”, los ríos experimentan un aumento notable en sus caudales. En la Costa, los ríos de llanura son de poca profundidad, pero crean amplios valles por donde sus aguas discurren lentamente, sin una dirección fija, formando meandros debido a las muy bajas pendientes. En estas condiciones, cualquier exceso de lluvia que incremente su caudal los hace desbordar e inundar vastas extensiones, hasta copar, muchas veces, toda la llanura. De allí el nombre de “Llanura de inundación”, (Figura 28).

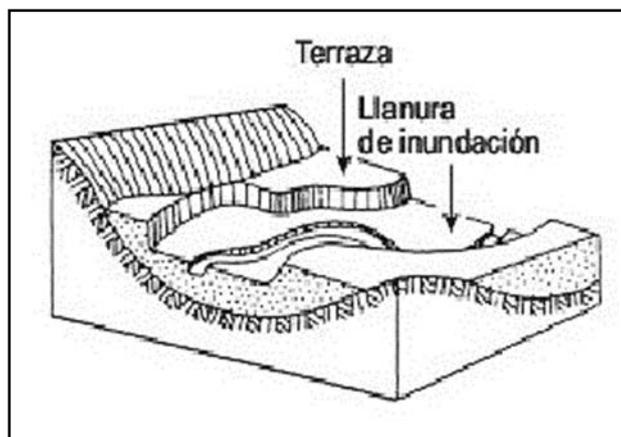


**Figura 28 Valle de inundación**

Fuente: Tarbuck y Lutgens, 2005 p. 458

Generalmente, las llanuras de inundación muestran sucesivas superficies planas que están por encima del nivel normal de las aguas de un río y están constituidas por sedimentos fluviales, por lo que se suelen describir como antiguos cauces ubicados en

niveles más altos. (Elorza, 2008). Su nombre técnico es “terrazza aluvial” y el grado de desnivel es un indicador de la labor erosiva, (disección), que ejerce el río sobre su cauce. (Figura 29).



**Figura 29 Terraza aluvial en un valle de Inundación**

Fuente: Gutiérrez Elorza, M., 2008 p. 321

Desde hace algunos años el aumento poblacional y la presión por conseguir mayores extensiones de tierra, ha llevado a ocupar las llanuras de inundación y terrazas aluviales en la costa del Ecuador, para fines agrícolas, (por la riqueza de sus suelos), industriales o de vivienda, sin considerar que, por su propia naturaleza, son sujetos a inundaciones periódicas. Esto constituye un ejemplo de cómo la sociedad aumenta su vulnerabilidad ante eventos simples de la naturaleza, por desconocimiento, presiones dinámicas o ausencia de una cultura de prevención.

### 2.3 Marco Conceptual

Amenaza es toda posible manifestación de un fenómeno peligroso de origen natural, antrópico o combinado, que puede producir efectos adversos en las personas, sus bienes y servicios y el medio ambiente, si se encuentran expuestos a él, en un sitio específico, con cierta intensidad y en un período de tiempo definido. Expresado de manera técnica, la amenaza “Es un factor de riesgo externo [al elemento o elementos expuestos], que se expresa como la probabilidad de que un evento se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido”. (Cardona O. D., 2003).

Ricardo Peñaherra, Viceministro de Gestión de Riesgos, (al año 2017), menciona que la amenaza es un factor externo de riesgo que tiene el potencial de causar daño, muerte o destrucción cuando ocurre en lugar determinado o “área de influencia”, con una intensidad que depende de la ubicación del elemento expuesto con respecto a la amenaza, y del tiempo de exposición. (Peñaherrera, R., 2014).

La vulnerabilidad es un factor interno del riesgo y se la podría definir como una medida del grado de daño que un sistema, ciudad o grupo de personas puede soportar, antes de perder su capacidad de respuesta. La vulnerabilidad depende de las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles en mayor o menor medida a los efectos dañinos de una amenaza. Existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de varios factores físicos, sociales, económicos y ambientales. (Wilches-Chaux, 1998, p.11).

Se denomina Capacidad de respuesta (CR) a la combinación de todas las fortalezas, los atributos y los recursos disponibles dentro de una comunidad, sociedad u organización que pueden utilizarse para reponerse de los daños causados por eventos negativos de cualquier índole que pudieran afectarles. La capacidad de respuesta es, en cierto modo, una medida de su resiliencia. Puede incluir la infraestructura y los medios físicos, las instituciones y las habilidades de afrontamiento de la sociedad, al igual que el conocimiento humano, las destrezas y los atributos colectivos tales como las relaciones sociales, el liderazgo y la gestión. (Peñaherrera, R., 2014).

El Riesgo podría definirse como “la probabilidad de sufrir daños y pérdidas futuras asociadas con la ocurrencia de un evento físico dañino” (Narváez, L., Lavell, A., Pérez Ortega, L., 2009) p.9) Sus componentes son la amenaza, la vulnerabilidad y la capacidad de respuesta. Está íntimamente relacionado con La Gestión del Riesgo, que comprende una serie de acciones sistemáticamente articuladas que incluyen medidas estructurales y no estructurales a fin de afrontar un riesgo que no es posible eliminarlo o asumirlo.

Las medidas estructurales para la Gestión de Riesgos son todas aquellas que demandan intervenir en la naturaleza, a fin de modificar sus condiciones iniciales para reducir la vulnerabilidad y por lo tanto el riesgo que no se pueda asumir ni suprimir. También se conocen como medidas de mitigación. Entre éstas se podrían citar el dragado de los cauces de los ríos para evitar inundaciones, modificación de la

inclinación de los taludes para mejorar su estabilidad, anclaje y otras obras que son del ámbito de acción de la Geotecnia (EIRD, 2004).

Medidas no estructurales, también conocidas como de prevención, se consideran todas aquellas que no modifican las condiciones naturales del entorno, pero que igualmente pueden aplicarse para reducir el riesgo presente. Entre éstas se podría citar la implementación de Sistemas de Alerta Temprana (SAT) ante cualquier evento, en especial inundaciones, actividad volcánica y tsunamis, capacitación y campañas de educación a la población, cartografía de riesgos, elaboración y aplicación de Planes de Emergencia y Contingencia, entre otros. (Vásquez, N., comunicación personal, abril 2017).

Desastre es la materialización de una amenaza cuyos efectos o impactos han causado daño, muerte o destrucción en una comunidad, sistema o grupo de personas, con pérdida de vidas, bienes materiales y alteración intensa en sus condiciones de vida, al punto de sobrepasar su capacidad de respuesta y por ende su capacidad de resiliencia, (Narváez, L., Lavell, A. y Pérez Ortega, L., 2009, p.9).

Resiliencia, según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, (RAE), es “la capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido”. (Diccionario RAE, 2010). En las ciencias psicológicas, Resiliencia significa también superar la adversidad, capacidad para absorber un impacto negativo y volver a la normalidad en el menor tiempo posible. Una persona o sociedad resiliente es aquella que en un momento dado sufrió fuertes daños como resultado de la ocurrencia de un evento negativo, pero que encontró los mecanismos para reponerse y retornar, fortalecida, a sus condiciones iniciales de vida, (Pérez Porto, J. y Gardey, A., 2013).

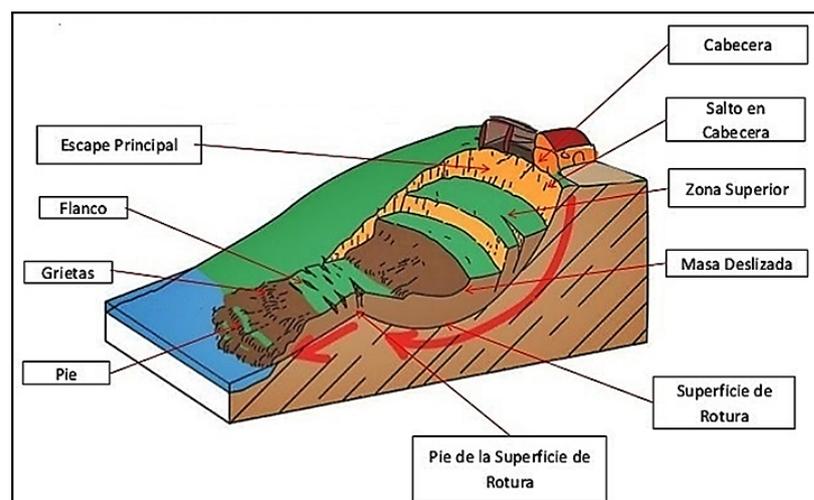
Eventos negativos concatenados y concurrentes son sucesos de índole natural, industrial, antrópico combinado o mixto, que pueden ocurrir o sucederse unos después de otros, (uno dispara otro), en un lapso muy corto de tiempo sobre un mismo sector o zona, debido a relaciones de inter dependencia entre ellos. Estos fenómenos limitan o reducen la capacidad de respuesta y resiliencia de un sistema, sociedad o conjunto de personas.

Sismo o terremoto es cualquier vibración o sacudida pasajera de la superficie de la Tierra por liberación de energía acumulada en las rocas del interior del planeta. La

energía liberada es de tipo cinética y se transmite en forma de ondas sísmicas. La energía se acumula en zonas donde interaccionan las placas que conforman la corteza terrestre, hasta superar el límite plástico de las rocas, en este momento las rocas fallan (se rompen) liberándose la energía en forma de movimiento y un pequeño porcentaje en forma de sonido. El punto, en la superficie de la Tierra, donde más se sienten los efectos, se denomina epicentro.

Tsunami viene del idioma japonés y significa “gran ola en puerto”. Un tsunami es un conjunto de grandes olas, de altura muy superior a la normal, que viajan por el mar hasta llegar a la costa, en donde se abaten con fuerza, destruyendo todo cuanto se interponga en su trayectoria. Tiene su origen en una perturbación del fondo marino, generalmente causada por un terremoto, (aunque existen otras causas), cuya energía sacude una gran masa de agua, provocando ondas superficiales, que al llegar a la costa se manifiestan como el tren de olas muy grandes, característico de este fenómeno.

Deslizamiento es un tipo de movimiento de masas, donde los materiales han perdido su equilibrio natural y se deslizan a lo largo de una superficie o plano de falla, pendiente abajo. Generalmente los deslizamientos ocurren en suelos húmedos o propensos a saturarse, en pendientes fuertes y en taludes verticales que han perdido su apoyo o equilibrio por causas naturales, (erosión), o artificiales.



**Figura 30 Deslizamiento de tipo rotacional**

Fuente: <https://es.slideshare.net/juancg20037/desastres-topograficos-Deslizamientos-y-movimientos-de-tierra>, diapositiva 11

Coloquialmente se llaman “deslaves” cuando su grado de saturación en agua es alto y al deslizarse pueden transformarse en flujos de lodo. Los deslizamientos más comunes son los rotacionales, llamados así por el giro que realiza el material deslizado a lo largo de una superficie de rotura cóncava, (Figura 30).

Inundación es la abundancia excesiva de algo o cosa. (Diccionario RAE, 2010). En términos de fenómenos de la naturaleza, una inundación es la invasión o cubrimiento de agua en zonas que habitualmente se mantienen secas. Puede suceder a causa de lluvias excesivas y continuas, deshielos, desbordamiento de ríos, rotura de presas o canales y colapsos de reservorios de agua, en terrenos cuyos suelos son impermeables o poco drenados.

Un modelo digital del terreno (DTM, por sus siglas en inglés), es una representación visual en tres dimensiones de las formas del relieve de una región. Se visualiza la superficie del suelo sin ningún objeto o elemento del paisaje como ciudades, vegetación o ríos. Se genera utilizando equipo de cómputo y software especial para cartografía como son los Sistemas de Información Geográfica (GIS por sus siglas en inglés). (Li, Z.; Zhu, Q.; Gold, C., 2005).

#### **2.4. Marco Jurídico**

El fundamento legal de esta investigación se encuentra, según la jerarquía de las Leyes o pirámide de Kelsen, (Kelsen, 2000), en la Constitución de la República del Ecuador vigente desde el año 2008. En el Título II, artículo 45 del citado documento, se establece que el Estado ecuatoriano reconoce y garantiza el derecho a la vida en todas sus fases. En la Sección Novena del citado documento, referida a la Gestión del Riesgo, el Art. 389 indica que es obligación del Estado proteger a la población y a la naturaleza ante los efectos de eventos negativos de cualquier índole mediante medidas estructurales y no estructurales (mitigación, prevención) tendentes a minimizar las condiciones de vulnerabilidad.

El mismo cuerpo legal, en su Art. 390, indica que la Gestión del Riesgo es responsabilidad de todas las instituciones, acorde con sus capacidades y su ámbito geográfico, sin perjuicio de recibir apoyo de otras con mayor capacidad y diferente ubicación geográfica, cuando el caso lo requiera. De esta manera se descentraliza la

responsabilidad y se agiliza el proceso. (Constitución Política de la República del Ecuador, 2008).

El siguiente fundamento legal descansa en el Consejo Andino de Ministros de Relaciones Exteriores de la Comunidad Andina, “Decisión 713” acordada con el fin de promover la prevención de desastres en el territorio andino, recientemente ratificada en el Marco de Acción de Hyogo del año 2013. (Comunidad Andina, 2009).

Adicionalmente se apoya en el Protocolo sobre Gestión del Riesgo de Desastres en América Latina y el Caribe, aprobado en noviembre del 2013 por el Parlamento Latinoamericano (PARLATINO), con el fin de “facilitar a los parlamentos nacionales el proceso de legislación sobre Reducción del Riesgo de Desastres (RRD), y contribuir al aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades, de acuerdo a lo establecido por el Marco de Acción de Hyogo”, (PARLATINO, 2013).

La Ley de Seguridad Pública y del Estado, en el Capítulo 3, Artículo No. 11, se refiere a los Órganos Ejecutores del Sistema de Seguridad Pública y del Estado, indica que éstos tienen como responsabilidad principal “resguardar el orden público, la defensa interna y las acciones para enfrentar los riesgos (Gestión del Riesgo). Las medidas que se tomen para reducir la vulnerabilidad ante riesgos de diversa índole son de responsabilidad de las entidades públicas y privadas, según su jurisdicción geográfica”. (Ley de Seguridad Pública y del Estado, 2009).

El Reglamento de la Ley de Seguridad Pública y del Estado, en su Artículo 3, literal d, establece que “La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos es el Órgano rector y ejecutor del sistema nacional descentralizado de gestión de riesgos” y dentro de sus competencias está el “Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción”, (Reglamento Ley de Seguridad Pública y del Estado, 2014).

El Plan Nacional para el Buen Vivir – PNBV, (2013-2017), en su Objetivo No.3, establece “Mejorar la calidad de vida de la población”, a través de las Políticas números 3.8: “Propiciar condiciones adecuadas para el acceso a un hábitat seguro e incluyente” y 3.11: “Garantizar la preservación y protección integral del patrimonio cultural y natural y de la ciudadanía ante las amenazas y riesgos de origen natural o antrópico”. (Plan Nacional del Buen Vivir, 2014).

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Diagnóstico

##### 3.1.1 Análisis fisiográfico

Para analizar cómo se encuentra la ciudad de Esmeraldas ante eventos negativos de origen natural que la amenazan, fue menester realizar un análisis fisiográfico y una visita de campo, registrando fotográficamente las características del área geográfica donde se asienta la ciudad. Siendo la fisiografía “la descripción de la naturaleza a partir del estudio del relieve y la litosfera, en conjunto con el estudio de la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera” (Villota, H., 1992), se utilizó el método del “análisis fisionómico”, que consiste en identificar visualmente las formas del relieve, describirlas, clasificarlas y delimitarlas, (Villota, H., 1992, óp. cit.), y relacionarlas con el medio ambiente donde se manifiestan.

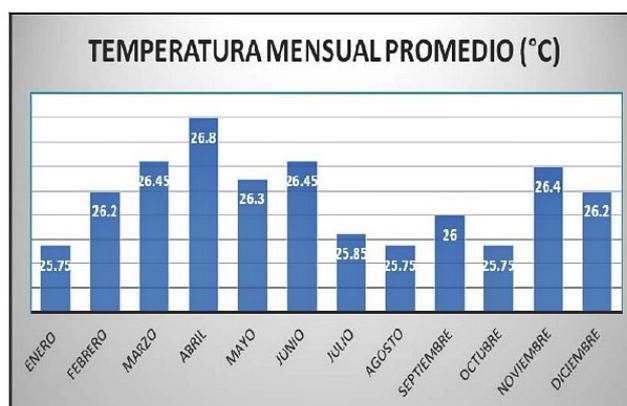
Este análisis visual, (fotointerpretación), se realizó en pantalla, sobre un modelo digital del terreno en tres dimensiones, (DTM), elaborado mediante un Sistema de Información Geográfica, (GIS), añadiéndole, como una capa adicional de información, una imagen de satélite del área, en formato digital, existente en el laboratorio de Geomática de la Carrera de Ingeniería Geográfica y del medio Ambiente de la ESPE, cuyo grado de detalle fue equivalente al de una escala 1:10.000.

La fotointerpretación inicial se complementó con información secundaria, oportunamente recolectada, a fin de caracterizar de mejor manera la atmósfera, hidrosfera y la biosfera. Posteriormente se hizo un reconocimiento de campo para verificar los rasgos fisiográficos observados en el DTM, realizar las precisiones necesarias y analizar las relaciones existentes entre los elementos que conforman el territorio en la zona, objeto de estudio.

Así, partiendo del estudio del relieve y la litósfera, en el área de interés se destacan tres tipos de paisajes: Colinado, Litoral - Marino y Fluvial con sus correspondientes sub-paisajes que se diferencian entre sí por sus diversas geoformas “cuyo modelado es el resultado de la acción dinámica de varios agentes y fenómenos sobre el medio físico,

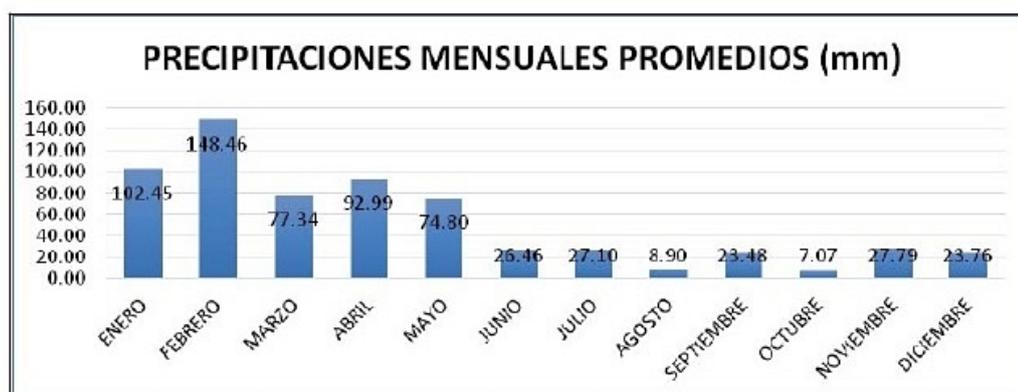
expresados por la interacción de factores tectónicos, litológicos, climáticos y por procesos erosivos y deposicionales”. (Villota, H., 1992, óp. cit.).

En cuanto al clima, en el área urbana de Esmeraldas varía desde el seco a muy húmedo, según la época del año y las condiciones océano-atmosféricas. Las zonas de vida se distribuyen en ecosistemas acuáticos, tipo manglar, y de humedales, (Holdridge, L., 1992, citado en (Mejía, 2015. p. 73). La temperaturas oscila entre los 25.75 ° C y 26.8° C. La temporada de lluvias va de enero a mayo, siendo los meses más lluviosos enero y febrero, mientras que en los meses con menos lluvias son, generalmente, agosto y octubre, según datos del período 2002 – 2011, proporcionados por el Instituto de Meteorología e Hidrología – INAMHI, (Figuras 31 y 32). (Arroyo, M.J., 2015).



**Figura 31 Temperatura promedio mensual**

Fuente: INAMHI, citado en Arroyo, M. J., 2015, Tesis de Grado, p. 33 – 35



**Figura 32 Lluvia mensual promedio en Esmeraldas**

Fuente: INAMHI, citado en Arroyo, M. J., 2015, Tesis de Grado, p. 33 – 35

“El efecto de las precipitaciones han dado lugar a la formación de drenajes intermitentes en las partes altas de la orografía, las que aportan caudal al río Teaone y aguas abajo al río Esmeraldas”. (Mejía, 2015, óp. cit).

En lo que se refiere al uso del suelo y cobertura vegetal, el mismo autor, en su estudio del 2015, indica que los pastos plantados, característicos de los sectores altos, representan un 17,09% del área del cantón; los bosques secundarios, un 8,44%; el área destinada a zona urbana, el 45,91% y finalmente área para expansión futura, el 12,79%”. (Ibíd. óp. cit.).

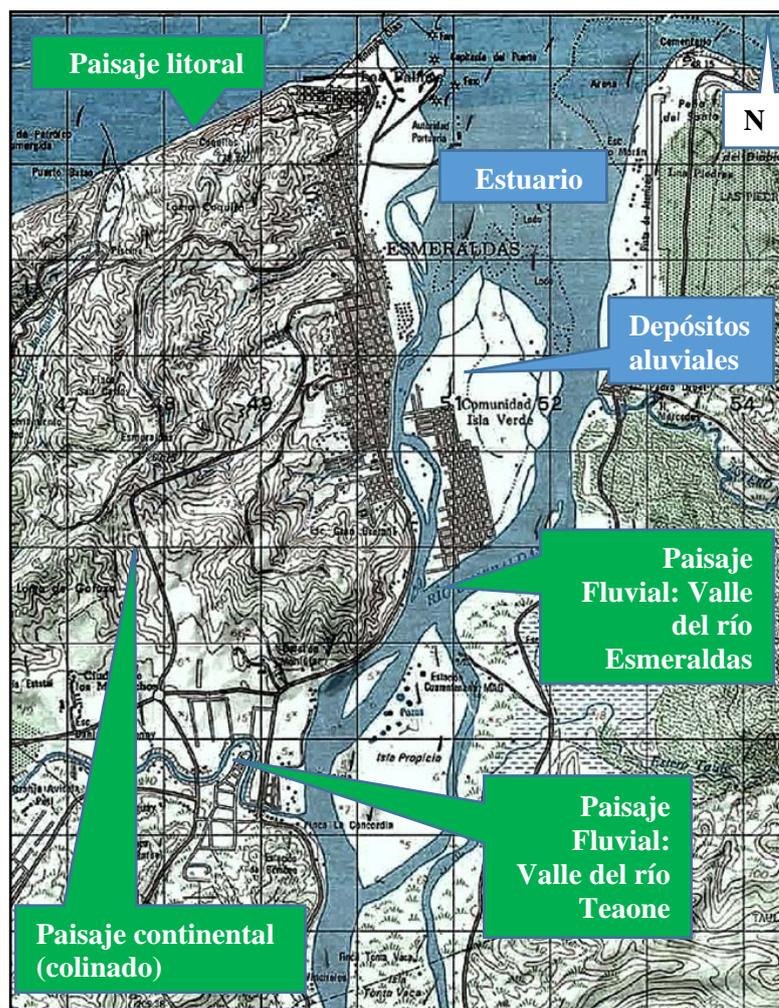
Existe una interacción negativa entre las condiciones naturales del área, el clima y la población. Así, la pérdida de la cobertura vegetal, conjuntamente con las fuertes y constantes precipitaciones, en terrenos de morfología accidentada y suelos arcillosos, con intervención humana, son factores detonantes de las inestabilidades del terreno, observadas tanto en imágenes satelitales como durante la visita de campo.

Al respecto, Perrin, J. L. indica que, “en el medio urbano, a los fenómenos de sobrecarga hídrica, se superponen problemas ligados al peso de las construcciones, a la presencia de pozos sépticos y reservorios de agua, y a la perturbación general del drenaje natural”. (Perrin, J. L., et. al., 1998) . Por eso, los fenómenos de inestabilidades del terreno, especialmente en los sectores altos de la ciudad, son muy frecuentes.

La pérdida del bosque nativo es también muy evidente en los valles de los ríos Teaone y Esmeraldas. El uso actual de la tierra es agrícola de subsistencia, inclusive en los islotes del amplio valle del río Esmeraldas. Allí, la deforestación del manglar y la contaminación del agua son impactos ambientales pendientes de remediar. Existen entonces, condiciones de vulnerabilidad creciente en el territorio y de riesgo futuro en cada tipo de paisaje, aspectos que se analizan a continuación.

### **Paisaje Fluvial**

El paisaje fluvial está representado por los amplios valles de los ríos Teaone y Esmeraldas, sus terrazas e islotes. El paisaje litoral está representado por la zona de playa, paralela a la franja costera continental. El paisaje continental, delimitado en este trabajo, se extiende desde la línea de costa hasta el valle del río Teaone en el Sur. (Figura 33).



**Figura 33 Unidades de paisaje en el área de Esmeraldas**

Fuente: Carta Topográfica de Esmeraldas, Instituto Geográfico Militar, 1989

El río Esmeraldas, cerca de su desembocadura, ha creado un amplio valle cuya forma se asemeja a un embudo, cuya parte más ancha mide 2,3 kilómetros, en tanto que la parte más estrecha, 6 kilómetros al Sur, mide, aproximadamente, 500 metros. Este accidente geográfico denominado “estuario”, es una zona de transición entre los dominios marino y fluvial, por ello el agua es salobre, resultado de la mezcla agua salada con agua dulce del río.

En marea alta predomina el dominio marino, el agua salada ingresa al estuario empujada por las olas, frenando el avance del río y elevando su nivel; en marea baja predomina el dominio fluvial, las aguas del río ingresan al mar y su nivel baja. En imágenes de satélite se observan las aguas del río cargadas de sedimentos, adentrándose varios kilómetros en el mar, antes de que las corrientes marinas los

dispersen. (Figura 34). Este exceso de sedimentos evidencia la fuerte erosión de los suelos en la cuenca alta y media del río, por pérdida de la cobertura vegetal.



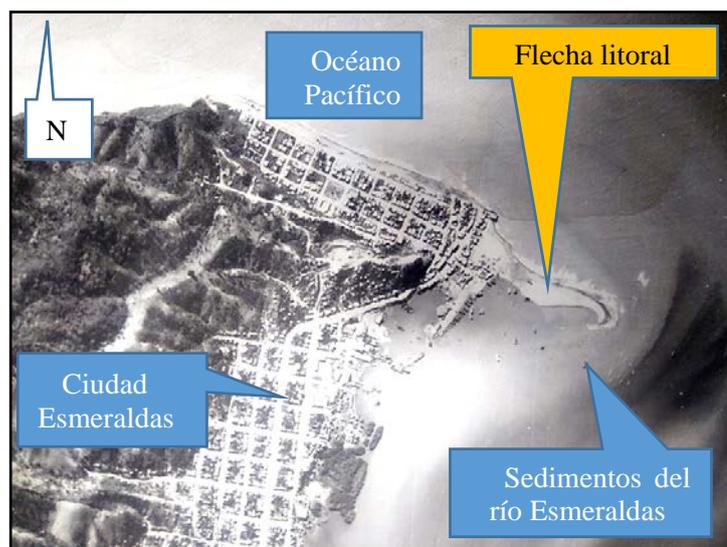
**Figura 34 Sedimentos del río Esmeraldas adentrándose en el mar**

Fuente: Imagen LANDSAT\_7/cortesía laboratorio Geomática-CIGMA

Los sedimentos, empujados por las corrientes marinas, forman barras arenosas que se disponen en forma paralela a la costa, (Figura 34), de cuya acumulación resultan las playas arenosas o de depositación, que se observan, especialmente, en la costa Noreste, fuera del área de investigación. En la margen izquierda del río, propiamente en la desembocadura, el flujo y contraflujo de las aguas creó una flecha litoral, (un depósito de sedimentos transversal a la dirección de las aguas del río), que sirvió de base para la construcción de los puertos marítimos nacional e internacional, (Figura 35), en una zona de alta exposición a eventos telúrico-marinos (sismos-tsunamis).

En el estuario se observan islotes inundables de diversa extensión, denominados “depósitos aluviales”, (Figura 33), formados por depositación y consolidación de los sedimentos que transportan las aguas del río. El estuario y sus islotes constituyen un ecosistema muy importante y frágil. Allí existen especies vegetales adaptadas a la

salinidad del agua, cuyo máximo representante es el mangle, cuyas raíces, parcialmente sumergidas, conforman un tejido que contribuye a contener y acumular lodo, (Figura 36), favoreciendo el desarrollo de muchas especies de crustáceos y moluscos, mientras que en sus ramas anidan las aves marinas.



**Figura 35 Flecha litoral en el estuario del río Esmeraldas**

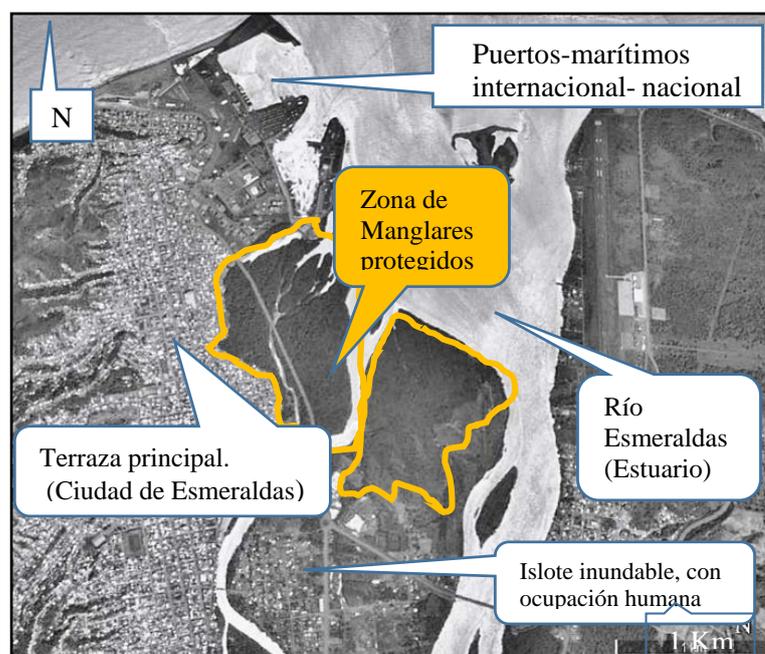
Fuente: Fragmento de la fotografía aérea 1659 IGM, año 1966, cortesía laboratorio Fotointerpretación CIGMA.



**Figura 36 Raíces aéreas de mangle en islotos inundables y depósitos aluviales del río Esmeraldas**

En la visita de campo se observó que los bosques de mangle son casi inexistentes, ya que la población ha invadido los islotos inundables aledaños a la ciudad, creándose barriadas en condiciones de alta exposición y vulnerabilidad a eventos propios del

dominio fluvial. Actualmente existe una zona protegida, aledaña a la nueva vía Esmeraldas - Tachina, conformada por algunos islotes pequeños y otros depósitos aluviales semi-sumergidos. (Figura 37).



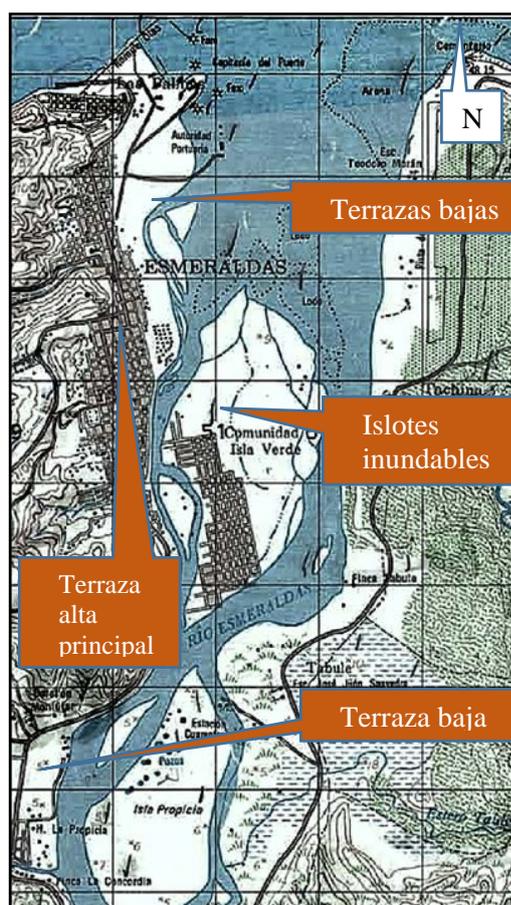
**Figura 37 Ocupación del suelo en zona de protección de manglares (estuario del río Esmeraldas)**

Fuente: Image Terrametrics / Airbus, Google Earth, 2017

La depositación de los sedimentos acarreados por el río han formado las terrazas aluviales en las márgenes del río Esmeraldas. La principal y más alta ha sido levantada por acción tectónica. Sobre ésta se asienta la ciudad de Esmeraldas, (Figura 37). Litológicamente están compuestas de grava, gravilla, arenas gruesas con estratificación cruzada y color café –rojizo, y depósitos aluviales más finos, poco consolidados, de naturaleza limo-arcillosa, de color gris. (Mapa Geológico D.G.G.M., 1976). En la margen izquierda, la terraza principal, y más antigua, tiene en promedio una altura de 10 metros sobre el nivel actual del río. Por su morfología ancha y plana, seguramente fue escogida para levantar el núcleo inicial de la ciudad de Esmeraldas. (Figuras 38).

Alrededor de este núcleo inicial, la ciudad ha crecido hasta ocupar la totalidad de la superficie disponible, llegando incluso al sector de playa, al Norte. Por el Este la ciudad se ha extendido hasta las orillas mismas del río Esmeraldas, incluso a sus islotes

inundables, de alto riesgo por inundaciones, enfermedades, (se observan condiciones de insalubridad), e inseguridad por delincuencia común y consumo de drogas. (Barrios El Arenal, Pampón, Isla Piedad, entre otros). Estos asentamientos no planificados constituyen el cinturón periférico de alta vulnerabilidad de la ciudad.



**Figura 38 Ocupación de terrazas altas y bajas en el valle del río Esmeraldas**

Fuente: Fragmento de la Carta Topográfica de Esmeraldas, IGM, 1989.

Antiguamente, por tradición y sabiduría popular, los habitantes utilizaban los materiales de construcción que la naturaleza dotaba: madera y caña. Las viviendas se levantaban sobre troncos, dos o tres metros por arriba del suelo, paredes de caña y techumbre de hojas de palma o bijao. Esta forma constructiva reducía el impacto del clima tropical y de los fenómenos telúricos, debido a la elasticidad de los materiales. En la actualidad, con una apreciación equivocada de progreso, se hacen construcciones con materiales rígidos, (bloque o ladrillo), a nivel del suelo, y con una arquitectura inadecuada para clima cálido. (Figura 39), incrementando el “Riesgo futuro”.

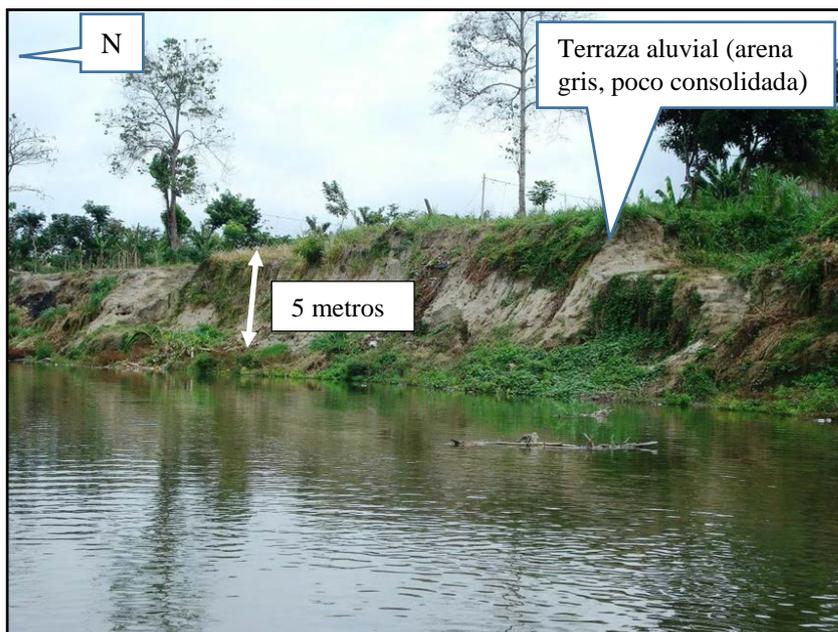


**Figura 39 Ocupación de islotes inundables (condiciones de riesgo Futuro).**

El segundo paisaje de dominio fluvial constituye el valle del río Teaone. En su parte más ancha, sector de “Vuelta Larga”, (sector de la Refinería Estatal), tiene dos kilómetros de ancho, aproximadamente. Este valle se ha formado en una terraza aluvial, de cinco metros de alto, con respecto al espejo de agua del río. Litológicamente está conformada por arena gris, de grano medio a fino, con intercalaciones lenticulares de grava. (Figura 40).

Hasta mediados del siglo pasado este valle fue asiento de plantaciones de productos tropicales y bosques nativos, pero dadas su morfología relativamente plana y su cercanía al núcleo inicial de la ciudad, se lo vio como una buena alternativa para las necesidades de crecimiento de la urbe. Así, el uso del suelo cambió de rural agrícola a urbano. Se levantaron urbanizaciones emblemáticas como “Tolita I”, “Tolita II”, Tecnipetrol (Casa Bonita) entre otras.

Actualmente el valle está casi totalmente urbanizado en ambas márgenes del río, inclusive hasta su desembocadura en el Esmeraldas. Se ha construido incluso en las terrazas bajas donde existen antecedentes de inundaciones, por crecidas del río, en cada periodo lluvioso anual. Pese a esto, continúan apareciendo barrios de reciente creación, muchos sin planificación y escasos servicios esenciales, cuyos habitantes viven en condiciones precarias de subsistencia y de alta vulnerabilidad. (Figura 41).



**Figura 40** Valle del río Teaone visto hacia el Este, sector “Vuelta Larga”

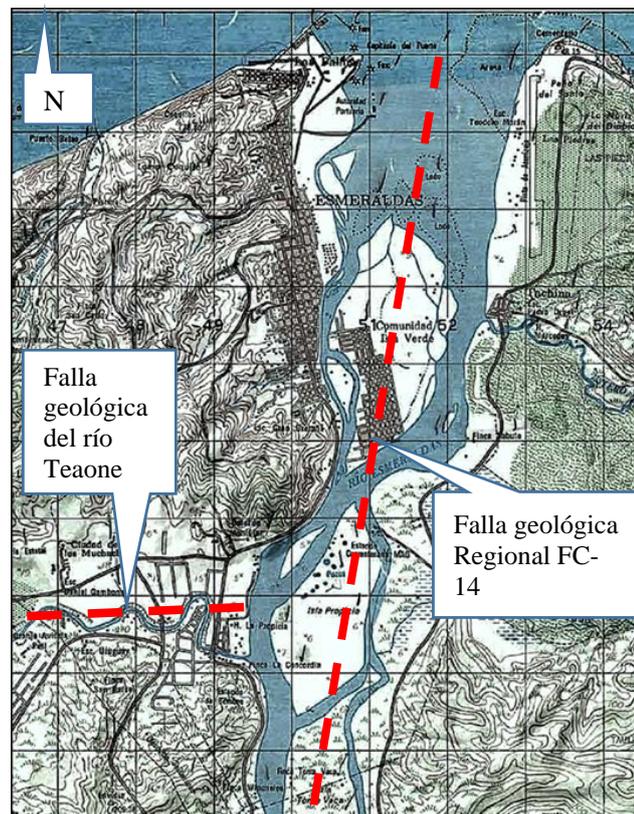


**Figura 41** “Barrio 50 casas”, altamente expuesto a inundaciones

De esta manera, en esta zona concurren y están presentes todas las condiciones necesarias para provocar una situación de crisis, dentro de la cual, la ocurrencia de un evento negativo disparador, podría generar un desastre de magnitud.

Geológicamente, los ríos Teaone y Esmeraldas tienen control estructural, es decir, han abierto sus cauces a lo largo de fallas geológicas, (Figura 42), aspecto que se

evidenció a partir del estudio fotogeológico, (imágenes satelitales y fotografías aéreas), y confirmado luego por Kervin Chunga. (Chunga, K., et al, 2017), en su estudio sísmológico de Esmeraldas.



**Figura 42 Control tectónico en los ríos Esmeraldas y Teaone**

Fuente: Modificado de: IGM, 1989, Carta Topográfica de Esmeraldas

En este tema, Chunga, señala que la falla FC14 (cauce del río Esmeraldas), es de tipo inversa con componente de cizalla sinistral. Es la más cercana a la ciudad de Esmeraldas. En efecto, el área urbana central se encuentra en la zona del bloque colgante. Esta falla podría generar un sismo en el orden de M 7.18 y aceleraciones en roca de 0.41g., (Chunga, K., et al, 2017).

De lo anterior se infiere que si esta falla se mueve, el sismo resultante sería catastrófico para la ciudad, por la magnitud y ubicación del epicentro, y también por la

composición granulométrica del suelo, que podría propiciar fenómenos cosísmicos de licuación de arenas, lo que contribuiría al colapso de las edificaciones en toda el área.

No se descarta también, como evento secundario, la ocurrencia de un tsunami lo suficientemente grande como para afectar directamente la infraestructura del malecón, la portuaria y el barrio las “las Palmas”, sobretodo en condiciones de marea alta, donde las aguas ingresarían cientos de metros, costa adentro, hasta casi abarcar la totalidad del sector.

### Paisaje litoral – marino

Corresponde a la zona de playa y a la plataforma continental. Ésta se extiende con pendiente muy baja hasta los 30 metros de profundidad, allí apenas se incrementa, hasta los 100 metros, a partir de los cuales se sumerge suavemente hasta alcanzar los 3000 metros, ya en la fosa oceánica. (Figura 43).

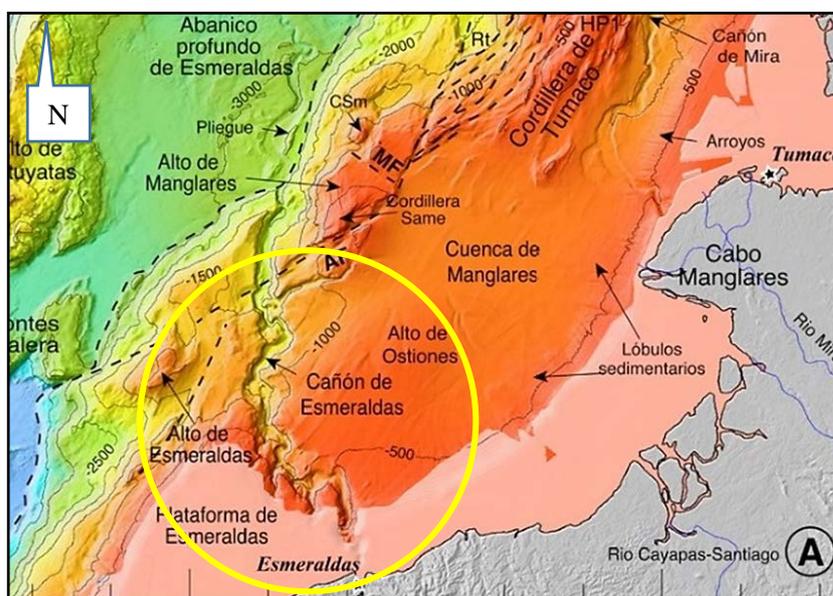


**Figura 43 Plataforma continental de Esmeraldas**

Fuente: Modificado de: IGM, 2012 Mapa físico del Ecuador, Escala 1:500.000

Un rasgo característico de la plataforma continental, en la desembocadura del río Esmeraldas, es la existencia de un profundo cañón submarino, de 600 metros de profundidad, que se extiende hasta la fosa oceánica. Éste constituye la expresión

geomorfológica submarina de la falla geológica del río Esmeraldas, (Figura 44), que podría generar un sismo en el orden de  $M 7.18$  con aceleraciones en roca, de  $0.41g$ . (Chunga, K., et al, 2017), óp. cit.).



**Figura 44 Cañón submarino de Esmeraldas**

Fuente: Modificado de Collot J., Michaud F., Alvarado A. et al., p. 58. 20

De ocurrir un sismo con epicentro en este cañón profundo, perturbaría una importante cantidad de agua marina, generándose un tsunami que afectaría en cortísimo tiempo a los sectores de playa y estuario, incrementándose la afectación a la población, a la infraestructura física local, e indirectamente a la economía provincial y nacional.

La zona de playa, en cambio, se extiende desde la orilla del mar hasta el límite con el paisaje colinado, (acantilados costeros), aunque hasta allá rara vez llegan las mareas más altas, en condiciones océano-atmosféricas normales. Como se observa en la imagen de satélite, (Figura 34), las barras arenosas, dispuestas paralelamente a la costa por las corrientes marinas, han dado lugar a la formación de playas de acumulación, característicamente planas o “tendidas”, es decir con poca pendiente, (Figura 45); condiciones que han propiciado su ocupación para diversos fines, sin considerar el grado de exposición a eventos océano-atmosféricos u océano – telúricos, como los indicados anteriormente.

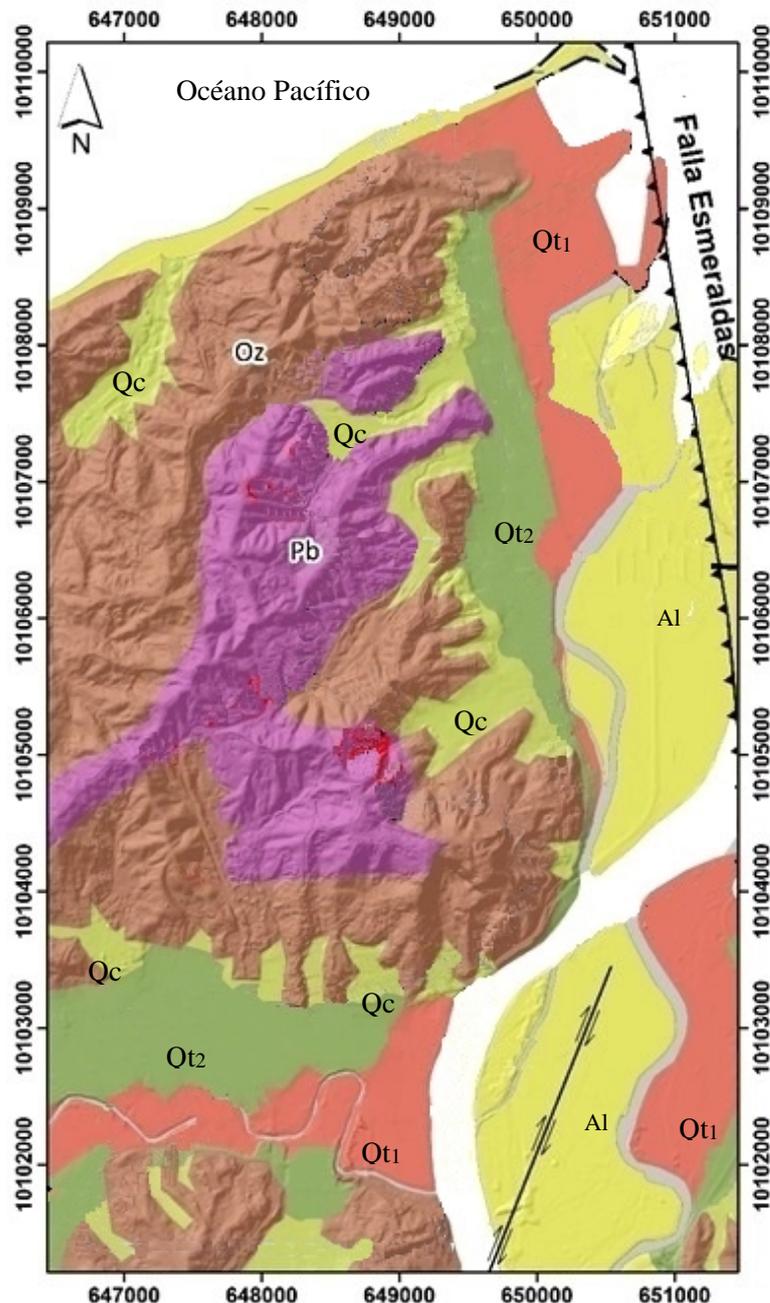


**Figura 45 Playas de acumulación – sector Camarones**

### **Paisaje Colinado**

El paisaje colinado, está conformado por relieves morfo-estructurales asociados a la falla geológica del río Esmeraldas, (FC 14), y otras menores, (Chunga, K., et al, 2017), y a los procesos de convergencia de placas tectónicas y subducción de la placa Nazca bajo el continente. El paisaje colinado de Esmeraldas forma parte de la Cordillera de la Costa, que en este sector se presenta en forma de colinas de altura media, (200 metros, promedio), con cimas alargadas sub-agudas y pendientes medias del orden del 40% (22°), a fuertes, de alrededor del 60% (30°), convexo-cóncavas, con disección moderada y drenajes intermitentes. (IGM, 1989. Carta Topográfica de Esmeraldas óp. cit.).

Geológicamente, las colinas están conformadas por depósitos sedimentarios del Mio - Plioceno. (Figura 46). El Mio - Plioceno es una división de la escala del tiempo geológico, que comenzó hace 13,82 millones de años y terminó hace 2,59 millones de años. Comparando con la edad que se atribuye al planeta Tierra, son sedimentos jóvenes depositados en ambiente marino sub-litoral, (Bristow, C.R., y Hoffstetter, R., 1977), es decir, en la plataforma continental, hasta los 300 metros de profundidad.



**Figura 46 Mapa Geológico de Esmeraldas: Qt<sub>2</sub>= terraza alta; Qt<sub>1</sub>= Terraza baja; Al= depósitos aluviales; Qc= depósitos de pie de monte; Pb= formación Borbón; Qz= Formación Ónzole**

Fuente: Modificado de Chunga, K., et. al. 2017

Del análisis foto-geológico y visita de campo, se comprobó que este sector está conformado de una sucesión de estratos finos de arcillitas, limolitas y areniscas finas, de color blanco, con estratificación sub-horizontal. Los bancos de arcillitas se presentan en estratos centimétricos de color crema, que, meteorizadas, se exfolian

como hojas milimétricas, muchas veces inclinadas a favor de la pendiente, (Figura 47). A este conjunto sedimentario se lo conoce como Formación Ónzole Superior.

Los niveles más arenosos y resistentes a la erosión mecánica, confieren una forma sub-aguda a la cumbre de las colinas. El color, gris azulado de estas arenas sugiere que podrían ser parte de la Formación Borbón. La forma de las laderas, convexo – cóncava, indica presencia de materiales finos, plásticos, tipo arcillas, característicos de la Formación Ónzole. Chunga, K., considera esta posibilidad y la incorpora en su Mapa Geológico de la ciudad de Esmeraldas. ( (Chunga, K., et al, 2017), óp. cit., Figura 46).



**Figura 47 Formación Ónzole Superior: arcillitas tipo esmectita. Afloramiento en el barrio “Tercer Piso” - Esmeraldas**

Algunos niveles muy arcillosos pueden estar compuestos con más del 35% de arcillas tipo esmectita. (Figura 47). Las esmectitas son “arcillas expansivas que, por su modo de organización en hojas muy delgadas, tienen la propiedad de expandirse en condiciones húmedas y de contraerse en condiciones secas. Su expansión puede alcanzar el 30% o 40% más del volumen que tiene el suelo seco.” Por eso, el suelo en condiciones secas presenta grietas de contracción, (grietas paleosol), y en condiciones húmedas no, porque las grietas se vuelven a cerrar. (Figura 48). (Perrin, J. L. et. al. 1988., p. 5).



**Figura 48 Grietas paleosol en arcillas expansivas. Afloramiento barrio “20 de Noviembre” - Esmeraldas**

En las zonas donde existen depósitos de pie de monte, - Qc, (Mapa Geológico, figura 46), el material arcilloso, en condiciones de exceso de humedad, se hincha, (se expande). En esta condición, el suelo pierde su capacidad portante y tiende a fluir pendiente abajo debido a que en el interior de las arcillas el agua provoca rupturas locales por cizallamiento, lo que a su vez engendra planos de corte que las vuelven inestables, aún en pendientes bajas, generándose deslizamientos que, dependiendo de la cantidad de agua absorbida, pueden convertirse en flujos de tierra o de lodo, afectando gravemente a los asentamientos humanos ubicados en las laderas mismas y en los sectores planos.

Este tipo de eventos son frecuentes en Esmeraldas, en especial en los periodos de fuertes y constantes precipitaciones. Así, durante el Fenómeno El Niño, en el año de 1997, se produjeron deslizamientos en los barrios ubicados en las laderas que miran hacia el río Esmeraldas. Entre los más dañinos se pueden citar: el macro-deslizamiento del barrio “13 de Abril”, situado detrás del coliseo; el del barrio “10 de Agosto”, parte alta, (Figura 49), que generó flujos de lodo que afectaron al sistema vial y de alcantarillado en la parte baja de la ciudad, (Figura 50), y del barrio “Las Palmas” que destruyó infraestructura pública, de servicios y de vivienda, (Figura 51), mismo que continúa activo, (inestable), hasta hoy.

El más reciente deslizamiento, tipo planar, con flujo de tierra, ocurrió el 25 de enero de 2016, en el barrio “20 de noviembre”, (Figura 52), donde el efecto combinado de factores hidrometeorológicos y la intervención humana en la naturaleza, desencadenó el desastre.



**Figura 49** Deslizamiento en el barrio “10 de Agosto”, parte alta  
Fuente: Rivera, M. y Cruz, M. 1997



**Figura 50** Flujos de lodo generados en el deslizamiento del barrio “10 de Agosto” alto, (al fondo), en Esmeraldas.  
Fuente: Rivera, M. 1997



**Figura 51 Macro deslizamiento sector “Las Palmas” –Esmeraldas**

Fuente: El autor, 1997



**Figura 52 Deslave en el barrio “20 de Noviembre” –Esmeraldas- el 25 de enero de 2016.**

Fuente: Diario “La Hora”. Edición digital, sábado 5 de marzo de 2016

Aunque los deslizamientos y deslaves en zona de ladera ocurren en todo el país, en Esmeraldas son muy numerosos y frecuentes. Están localizados en el sector colinado, adyacente a la ciudad, donde se ha talado el bosque primario, posiblemente para la siembra de pastos, o se ha deforestado y alterado la morfología natural por construcción de obras civiles, en especial viviendas y vías de acceso a ellas.

Como se indicó anteriormente, son especialmente sensibles los sectores de pie de monte, ya que el material coluvial, arrastrado desde los sectores altos, está compuesto de materiales arcillo- limosos, no necesariamente bien consolidados. En condiciones de humedad, su alto grado de plasticidad los hace fluir, ya sea de manera lenta o rápida.

Consecuentemente, en estas áreas se observan fenómenos de reptación del suelo y de erosión superficial, por escorrentía difusa. (Figuras 53 y 54). Estos son indicadores del peligro que se cierne sobre la ciudad y el inminente riesgo de colapso total o parcial de las viviendas, muchas de las cuales ya presentan fracturas y deformaciones en sus estructuras. (Figura 55).



**Figura 53 Evidencias de reptación del suelo, barrio “Santa Cruz”**

A los problemas mencionados, se añaden los ambientales, sociales y de salubridad, ya que el servicio de agua potable no abastece a estas zonas de la ciudad, al igual que el de recolección de basura. Estos sectores altos, mal iluminados, con sus escalinatas y calles estrechas, son ideales para el accionar de la delincuencia, lo que agrava las condiciones de vida en esas barriadas. (Figura 56).

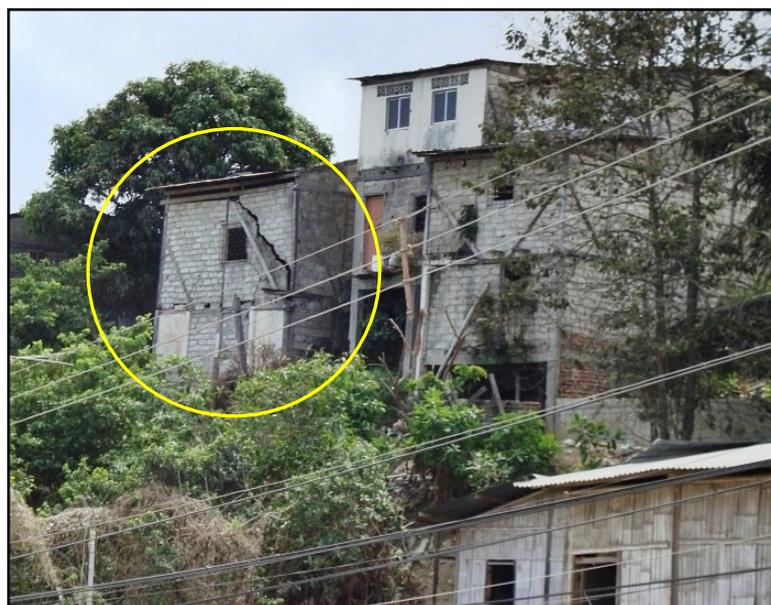
Al respecto, Herzer y Yurevich, ( Herzer H, y R. Yurevich, 1996), citados en Zevallos, O., 2008), expresan que:

“El riesgo no se manifiesta sólo en el aumento de la probabilidad y magnitud de la ocurrencia de deslizamientos o aluviones,... sino también en las condiciones de vulnerabilidad física, social, económica y ambiental en que vive la población de las laderas. Al hallarse la gente al borde de la subsistencia, deben ocuparse de la lucha

diaria por sobrevivir y ello significa que, a su vez, son agentes de degradación ambiental, al contaminar, destruir, mal utilizar o desproteger los recursos. En este sentido, pobreza y degradación van de la mano.”



**Figura 54 Erosión del suelo por escorrentía superficial difusa, barrio “Santa Cruz”**



**Figura 55 Fracturas por efectos de reptación del suelo, barrio “El Tercer Piso” -Esmeraldas**



**Figura 56 Escalinatas estrechas y mal iluminadas en los sectores altos de Esmeraldas (barrio “Santa Cruz”)**

### **3.1.2 Análisis de normativas y planes de desarrollo**

Con respecto a las normativas existentes, planes de gestión y de desarrollo del territorio, Salazar y Urbano, manifiestan:

“La planificación del uso del suelo como parte del ordenamiento territorial, en el Ecuador, no ha considerado específicamente el riesgo multi-amenaza y no se han desarrollado sistemas eficientes de administración de tierras a escala local que permitan la gestión integrada de eventos catastróficos, cuya responsabilidad está dividida en diversas zonas de planificación, provincias y cantones”. (Salazar, Rodolfo, & Urbano Fra, 2014).

Para la Gestión de Riesgos en la ciudad de Esmeraldas, el ámbito de competencia recae en los Gobiernos Autónomos Descentralizados, (GAD’s), Provincial y Municipal, Coordinación Zonal de Gestión de Riesgos, (dependiente de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos-SNGR) y en los Ministerios de Ambiente, (MAE) y Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, (MAGAP). Como lo expresan Salazar y Urbano, “Los riesgos por multi-amenaza natural o antrópica de un sector específico del territorio, no dependen de sus límites político – administrativos” (Salazar, Rodolfo, & Urbano Fra, 2014), óp. cit.).

#### **GAD Provincial de Esmeraldas**

El GAD Provincial de Esmeraldas, (GADPE - Prefectura de Esmeraldas), en su Plan de Ordenamiento Territorial, (GAD Provincial de Esmeraldas, 2015), analiza la

fisiografía de la provincia, describiendo las condiciones geológicas, tectónicas, variabilidad climática y analiza las características de la población dentro del área de su jurisdicción. También identifica los riesgos y amenazas, de manera general, en toda la provincia, mencionando algunas características de los elementos esenciales, expuestos a cada amenaza en todo el territorio provincial.

Así, en cuanto a Geología se refiere, se identifica el factor litología como un potencial beneficio, porque “ha permitido la formación de acuíferos que pueden ser objeto de estudio”. Pero expresa que la provincia, “Por encontrarse en el cinturón de fuego del pacífico, presenta eventos geodinámicos de considerable magnitud”. (GAD Provincial Esmeraldas, 2015, óp. cit.). Se infiere que es de conocimiento del Gobierno Provincial, la amenaza sísmica con probabilidad de un tsunami, en la provincia.

Con respecto a temas ambientales, el citado documento dice que “la provincia presenta la tasa más alta de deforestación: 12.061 ha/año”, lo que es preocupante, ya que la “Provincia de Esmeraldas presenta 14 ecosistemas que representan el 53.8% de la superficie de la provincia”. Las altas tasas de deforestación presionan las zonas protegidas, afectando la biodiversidad.” (Ibíd.)

Los procesos anteriores causan también la degradación del recurso hídrico y de suelo, ya que la erosión de las riberas de los ríos produce un aumento de sedimentación de los lechos, la acumulación de tóxicos en el agua, lo que conlleva a problemas de salud de los pobladores.

En cuanto a la identificación de amenazas, vulnerabilidades y riesgos, el Plan de Ordenamiento citado, indica que existe un “alto nivel de vulnerabilidad de la población en general, ante eventos naturales catastróficos con alto nivel de ocurrencia. El presupuesto es insuficiente para atender a la población de la provincia de Esmeraldas”.

En referencia a la infraestructura física, la disponibilidad de un “Plan de Gestión de Riesgo”, vigente en la provincia, se mira como una potencialidad, pero “la existencia de asentamientos humanos en zonas de riesgo, como riberas de ríos, zona de movimientos en masa y basurales, son problemas identificados, pendientes por resolver”. (Ibíd.).

Una potencialidad adicional es la oportuna información ciudadana, respecto a cómo enfrentar una la amenaza y poner en práctica el Plan de Gestión de Riesgos. Una amenaza constituye “la alta informalidad detectada, respecto a las construcciones de

viviendas, lo que “dificulta instrumentar acciones de mejoramiento y regularización dominial”. (GAD Provincial Esmeraldas, 2015, óp. cit.).

En cuanto se refiere a la planificación y marco legal, el documento en estudio dice que el 98,5% de los GAD´s de la provincia disponen del Plan de Ordenamiento Territorial, (PDOT), con un bajo nivel de aplicación, entre otras causas, por “limitaciones en la disponibilidad del talento humano idóneo, insuficiente equipamiento para la ejecución de programas y proyectos, dependencia de la tramitología de instancias externas que inciden en el cumplimiento de plazos e insuficiencia de fuentes de información confiable y actualizada”.(Ibíd.).

Este Plan presenta una propuesta de desarrollo, que su parte pertinente, plantea metas a alcanzar por parte del GADPE, para el año 2019. Se propone, entre otros aspectos importantes: “tener una planificación y ordenamiento territorial; administrar el territorio bajo orientaciones estratégicas establecidas en los Planes vigentes; regular el uso del suelo y avanzar el proceso de planificación territorial de la Provincia a través de una gestión eficaz y eficiente de los Planes de Ordenamiento”. (GAD Provincial Esmeraldas, 2015, óp. cit.).

En cuanto al cuidado del medio ambiente y la conservación de los recursos bióticos, dice que: “Es necesaria la adopción de políticas de conservación y preservación de las áreas naturales protegidas, programas de prevención y remediación ambiental, e iniciativas de servicios ambientales para la preservación de ecosistemas y fuentes hídricas;”. (Ibíd.).

Con intención de empatar el Plan Nacional del Buen Vivir, (PNBV), con el Plan de Ordenamiento Territorial de la provincia, en lo referente a los asentamientos humanos, el “LINEAMIENTO 6” plantea: “Promover la reubicación de los sentamientos humanos localizados en zonas de alto riesgo natural, asociados con fenómenos de movimientos en masa, inundaciones y crecidas torrenciales”. (GAD Provincial Esmeraldas, 2015, óp. cit.).

A manera de comentario final sobre este documento, el diagnóstico realizado revela que existen “eventos geodinámicos de considerable magnitud”; que la provincia presenta la tasa más alta de deforestación; la existencia de altos niveles de vulnerabilidad de la población ante eventos naturales catastróficos, con alta frecuencia de aparición. Que el presupuesto es insuficiente para atender a la población de la

provincia de Esmeraldas, (aproximadamente 500.000 personas), en caso de desastre; el problema de la alta informalidad en la construcción de viviendas y la existencia de asentamientos humanos en zonas de riesgo: riberas de ríos, zona de movimientos en masa y basurales.

Los anteriores son problemas pendientes por resolver. De aquí en adelante, la propuesta se enfoca más al desarrollo económico, vial, industrial y social de la provincia, y de la necesidad de preservar el medio biótico. Solamente el lineamiento 6 pretende, como se indicó, promover la reubicación de los asentamientos humanos localizados en zonas de alto riesgo natural, sin indicar las estrategias para lograrlo.

No se plantea la necesidad de reducir los altos niveles de vulnerabilidad general; de evitar que continúe la deforestación en la provincia; no se aborda el problema de la alta informalidad en todo tipo de construcciones ni se plantean acciones para mejorar la aplicabilidad de los POT por parte de los GAD's cantonales. Tampoco se menciona el problema de la insuficiencia de recursos humanos y económicos para atender casos de desastre en la provincia.

### **GAD Municipal de Esmeraldas**

El GAD Municipal de Esmeraldas es la entidad que administra el cantón Esmeraldas de forma autónoma al Gobierno central. Su sede es la ciudad de Esmeraldas, cabecera cantonal. El cantón se divide en parroquias urbanas y rurales; las parroquias urbanas, son: Esmeraldas, 5 de Agosto, Bartolomé Ruíz, Luis Tello y Simón Plata Torres.

El cantón Esmeraldas posee una población de 161.868 habitantes, que corresponde al 85,42% de la población del cantón y al 35,48% de la provincia. Como se aprecia en la figura 57, la cabecera cantonal, Esmeraldas, y sus parroquias urbanas concentran la mayor cantidad de habitantes, mientras que las parroquias rurales apenas suman el 14,58% del total poblacional. El 42,1% de la población total, es afro-ecuatoriana y negra, (Figura 57).

Distribución Poblacional del Cantón Esmeraldas			
NÚCLEO	POBLACIÓN	PORCENTAJE	DENSIDAD hab/km <sup>2</sup>
Esmeraldas	161,868	85.42	2158,24
Camarones	2,817	1.49	17,06
Carlos Concha	2,354	1.24	8,17
Chinca	4,552	2.40	20,29
Majua	2,534	1.34	19,32
San Mateo	5,739	3.03	31,97
Tabiazo	2,660	1.40	19,43
Tachina	3,983	2.10	53,61
Vuelta Larga	2,997	1.58	39,28
TOTAL CANTÓN	189,502	100.00	

**Figura 57 Distribución Poblacional del Cantón Esmeraldas**

Fuente: INEC. Censo de Población y Vivienda 2010, en Estupiñán B. 2013, p. 16

Para cumplir de mejor manera con el cantón, el GAD Municipal de Esmeraldas elaboró su “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012 – 2022”, (PDOT, GAD Municipal de Esmeraldas, 2012). En los primeros capítulos de este documento se hace un diagnóstico del cantón, tomando en cuenta factores ambientales, socio-culturales, asentamientos humanos, económicos y político-institucionales. Los restantes capítulos se refieren a la planificación y visión futura, al año 2022.

En la parte correspondiente al diagnóstico, refiriéndose al Recurso Agua, menciona:

“El río Teaone en verano baja su caudal de forma sustancial, sin embargo en invierno y cuando existen lluvias fuertes ocasiona inundaciones en toda la micro-cuenca. Las parroquias rurales... se ven afectadas por la creciente, sin embargo este fenómeno es cíclico y las comunidades han aprendido a vivir con él.” (PDOT, GAD Municipal de Esmeraldas, 2012, óp. cit. p. 35).

Es importante mencionar que el actual desarrollo de la ciudad abarca el valle de este río y se extiende ya hacia la parroquia Vuelta Larga, aún considerada como rural. El hecho de que las comunidades hayan aprendido a vivir con el río, podría significar que las inundaciones periódicas ya no son motivo de alarma, pese a los daños físicos, económicos y sociales.

Esta particularidad, de no dar importancia a los eventos naturales negativos y frecuentes, o tomarlos con resignación, parecería ser un rasgo característico de la mayoría de esmeraldeños.

En lo referente a la contaminación de las aguas, especialmente del río Esmeraldas, el mismo PDOT, en la página 35, expresa “En el Río Esmeraldas, antes de la

confluencia con el Teaone, aguas arriba, las características físico-químicas expresan menor contaminación; dicha contaminación aumenta aguas abajo por las descargas de todas las comunidades y parroquias ... que bordean el Esmeraldas”. (Ibíd.).

En cuanto a la calidad del aire, menciona que “Uno de los serios problemas de la ciudad de Esmeraldas es la contaminación del aire generada por el tráfico vehicular y por la actividad industrial, dentro del perímetro urbano,... sin normas ambientales.” (PDOT, GAD Esmeraldas, 2012, óp. cit. p. 36). El ruido es otro serio problema por la carga vehicular que soporta la ciudad, la actividad industrial y los alto-parlantes usados, sin discriminación, por los comerciantes de la ciudad.

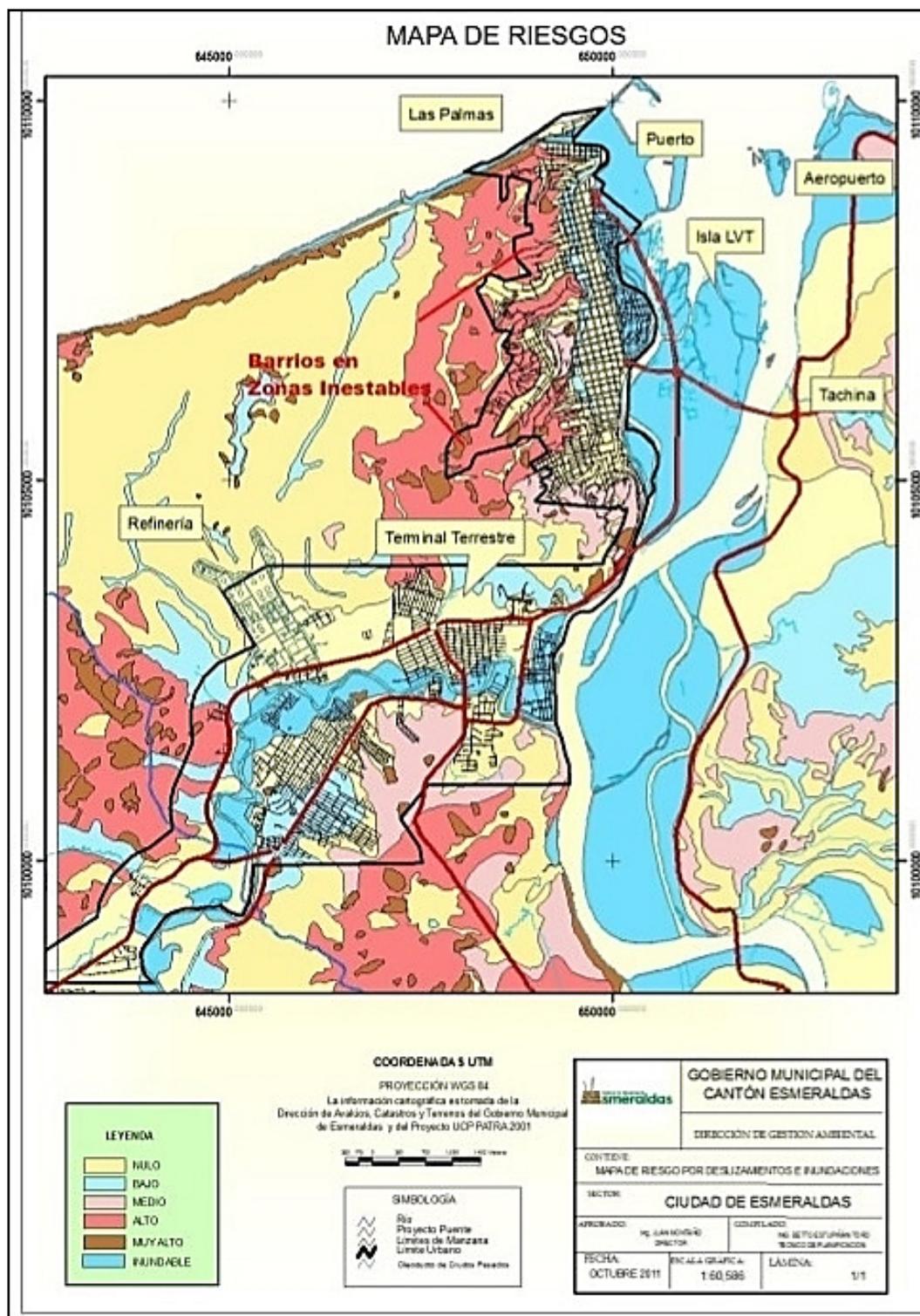
El documento citado, en su página 37, refiriéndose a los riesgos, indica:

“Esmeraldas y sus múltiples amenazas, por el propio paisaje geográfico y su misma ubicación,... vive con el latente riesgo de ser impactada por cualquiera de los fenómenos naturales o antrópicos que se detallan a continuación” y cita a eventos como: tsunamis, aguajes y oleajes, deslizamientos, hundimientos, sismos, sequias, lluvias, incendios, técnicos-humanos (refinería, termo Esmeraldas), delincuencia, inundaciones”. (PDOT, GAD Esmeraldas, 2012, óp. cit., p.37).

En la misma página 37 del citado documento se anexa un Mapa de Riesgos por deslizamientos e inundaciones, (Figura 58), lo que significa que la municipalidad de Esmeraldas reconoce, en su diagnóstico, la existencia de multi-amenazas, que se ciernen sobre la ciudad, (PDOT, GAD Esmeraldas, 2012, óp. cit., pp. 37 y 39).

No incluye en su diagnóstico un Mapa de Inundaciones por Tsunami, (disponible a través del sitio internet del INOCAR), a pesar de referirse a este fenómeno en la página 38 de su diagnóstico, haciendo énfasis en los que, históricamente, afectaron a la ciudad.

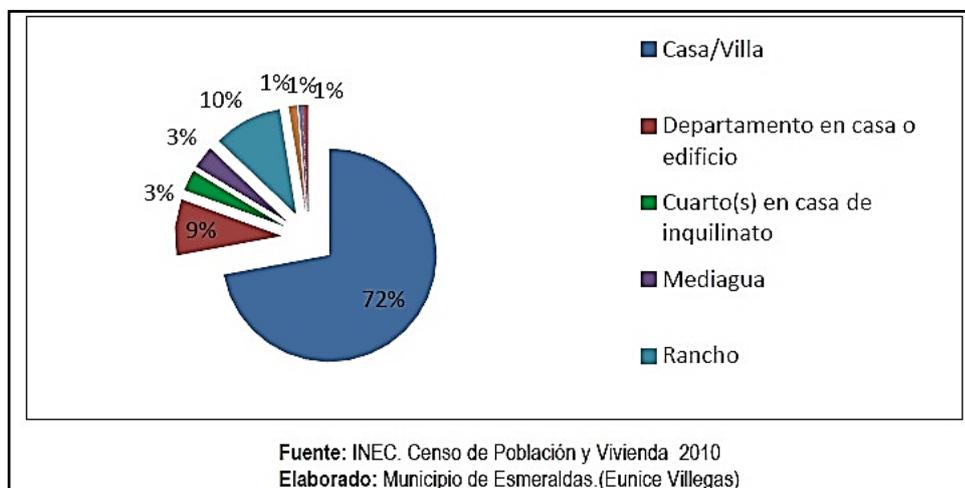
En lo que corresponde a vivienda, el citado documento, sobre la base de la información censal del año 2010, (INEC, 2010), indica que el 80 % se ha construido en el área urbana, (casi 44.023 casas). Así mismo, se indica que el 72% de la población urbana posee Casa/Villa, como tipo de vivienda predominante. (Figura 59). (PDOT, GAD Esmeraldas, 2012, óp. cit. p. 54).



**Figura 58** Riesgo por Deslizamientos e Inundaciones de la ciudad, escala 1:60.500  
Fuente: PDOT GAD Municipal de Esmeraldas, 2012, p.37

Un 10% de la población urbana, tiene vivienda tipo rancho, construido informalmente, con materiales como tablas, caña y similares. En muchos casos, los terrenos donde se los levanta, no tienen titulación, razón por la que las familias no

pueden acceder a los programas que promueven la construcción con dirección técnica, y materiales de construcción de calidad.



**Figura 59 Tipología de Vivienda del Cantón Esmeraldas**

Fuente: PDOT GAD Municipal de Esmeraldas, 2012, p.55

En el citado documento, (PDOT, GAD Esmeraldas, 2012, óp. cit. p. 55), se reconoce que al año 2.000, no existía un registro de barrios; es entonces que a partir del 2004, se crea la Unidad de Suelo y Vivienda, regularizándose desde esa fecha, diez barrios: Isla Santa Cruz, Los Pinos, Propicias 1 y 2, 18 de Septiembre, Puerto Limón, 5 de Junio, Palmar 1, Palmar 2, Puerto Hermoso, Ciudadela 28 de julio, Ciudadela Valle Hermoso, entre otros.

Al parecer, en el afán de regularizar los asentamientos de hecho, no se verificó si se encontraban en zonas de riesgo, como el caso de las Propicias I y II, sujetas a inundaciones periódicas por crecidas del río Teaone.

No se puede alegar desconocimiento, puesto que en la memoria colectiva subsiste el recuerdo de estos hechos. Además, fueron de dominio público, las inundaciones causadas por el río Teaone, el año 1998, durante el fenómeno de “El Niño”. Particular que quedó registrado en los noticieros y páginas de los principales diarios del país.

Se concluye que existió descuido por parte del Gobierno Municipal y presión de la población, ya que con la regularización, procede la demanda de provisión de servicios básicos y otros beneficios comunales. Existe también la posibilidad de que haya habido intereses particulares o tráfico de influencias, detrás de esas regularizaciones.

En lo referente a la “estructura y funcionamiento de las instituciones existentes en el territorio, y su capacidad para promover el desarrollo, acordar acciones y optimizar los recursos económicos”, el citado Plan, indica que:

“las representaciones ministeriales en el territorio no están articuladas con las actuaciones del gobierno cantonal, por el contrario se están convirtiendo en unidades ejecutores de obras sin apego a la planificación local. Las representaciones de los ministerios no poseen un referente de coordinación en la Gobernación, que a su vez no cumple con este rol. La acción ministerial se disperse sin un impacto adecuado, especialmente en los proyectos estratégicos del cantón: de producción, ambiente, vialidad, etc.” (PDOT, GAD Esmeraldas, 2012, óp. cit. pp. 74 y 75).

En consecuencia, existe débil capacidad institucional, característica que, aparentemente, se mantiene hasta la actualidad. Así, en la visita de campo se observó la ejecución de un plan de reubicación, (Figura 60), propuesto por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, (MIDUVI), para las personas en situación de riesgo por inundación en los barrios “El Arenal” e islotes cercanos. En marzo de 2016 se inició la reubicación de las familias. (Estupiñán, B., comunicación personal. 2017), pero está pendiente la legalización de la urbanización, a través de la adquisición de los terrenos por parte del GAD Municipal y su posterior titularización. Este constituye un buen ejemplo de la falta de coordinación inter-institucional.



**Figura 60** sector “Vuelta Larga”, zona de reasentamiento para la población en riesgo por inundaciones

Siguiendo con el análisis del Plan de Desarrollo del cantón, éste se elaboró “en base a cinco ejes estratégicos: Social, Económico (Producción y Empleo), Asentamientos

Humanos, Movilidad y conectividad (Territorio), Ambiente y Político Institucional (Buen Gobierno y Participación)”. Cada eje consta de Políticas, Planes, Programas y Proyectos”. (Ibíd.).

La visión futura del cantón, al año 2022, entre otros enunciados, expresa: “cantón verde, preserva, conserva y maneja sus áreas protegidas y reservas marinas, aprovecha sus recursos naturales de manera sustentable. Gestiona el cambio climático y los riesgos naturales y, reduce su vulnerabilidad”. (Ibíd.).

La Visión Ambiental de Esmeraldas, a más de enunciar un cantón que posee cultura ambiental, potenciando la educación ambiental, se proyecta mantener vigente la gestión de riesgos, a través de una fuerte coordinación interinstitucional. Esto lo espera alcanzar con la Política de “Reducir la vulnerabilidad del cantón ante la presencia de riesgos naturales y antrópicos”. Entre las estrategias para lograrlo, se pueden citar:

“Impulsar el funcionamiento permanente del sistema cantonal de gestión integral de riesgos. Formulación de planes de contingencia institucional. Reasentamientos de personas que ocupan zonas de alto riesgo. Ejecución de obras de reducción y mitigación de riesgos en asentamientos vulnerables. Formulación de un plan de reactivación de líneas vitales (seguridad alimentaria, agua, energía, comunicación y vialidad), en casos de desastres”. (PDOT, GAD Esmeraldas, 2012, óp. cit.).

Algunas acciones se han cumplido en este ámbito, como la colocación de señalética en lugares estratégicos, sujetos a inundaciones, (Figura 61).



**Figura 61 Señalética en “La Propicia” I**

En lo pertinente a la ejecución de obras de mitigación de riesgos, se ha realizado la estabilización de algunos deslizamientos. El más reciente, en el barrio “Las Palmas”, sector de la playa, (Figura 62). Desafortunadamente, nada se ha hecho en favor de estabilizar el macro-deslizamiento ubicado entre las calles Tercer Piso y Luis Tello, (detrás del mismo barrio, partes alta y baja), activo a raíz del fenómeno “El Niño” del año 1997, como se indicó anteriormente, (Figura 63).



**Figura 62 Talud estabilizado técnicamente, playa de las Palmas”**



**Figura 63 talud inestable con erosión retrocedente, barrios “Tercer Piso” y "Las Palmas", año 2012**

Estos deslizamientos son una amenaza para la infraestructura física tanto en el sector alto, (barrio “Tercer Piso”), como a lo largo de la calle Luis Tello, al pie del talud, (barrio “Las Palmas”), donde se encuentran instituciones educativas como la Escuela de Educación General Básica Fisco-misional “Nuevo Ecuador”, (Figura 63), la capilla de “Fátima”, centro de reunión del barrio, e infraestructura pública y de vivienda, de buena calidad constructiva, resultado del desarrollo urbano del barrio “Las Palmas” en los últimos veinte años. (Figura 64).

Con referencia a la formulación de planes de contingencia institucional, se desconoce cuántas instituciones están trabajando en ellos, pero el Servicio Integrado de Seguridad ECU – 911 de Esmeraldas, puede ser un referente para ello, ya que según su Gerente, (Balanzátegui, W., comunicación personal, 2017 , Figura 65), el Servicio ECU -911 de la ciudad y su recurso humano, poseen un Plan de Contingencia para afrontar un incidente de cualquier naturaleza, garantizándose una operatividad ininterrumpida, inclusive durante un evento adverso.



**Figura 64** Infraestructura física en “Las Palmas”, (calle Luis tello)



**Figura 65 El Gerente del ECU-911 Esmeraldas, (derecha) explicando sus planes de contingencia al autor**

Fuente: Mancero, H., marzo 2017

Existe otro problema, que El GAD Municipal, en su PDOT 2012 - 2022, eje 3, lo califica de grave:

“La ocupación ilegal del suelo, que históricamente ha sido una de las formas de crecimiento urbano de la ciudad, que además se ha caracterizado por un crecimiento expansivo y especulativo, provoca que existan aún barrios sin cobertura de servicios básicos, posesionarios de tierras sin escrituras, precariedad de la vivienda, ocupación del suelo en zonas de riesgo, etc.” (PDOT, GAD Esmeraldas, 2012, óp. cit. pp. 81 y 82).

A más de eso, en la visión de futuro del citado documento, se enuncia que “Esmeraldas al 2022, es un cantón que se desarrolla con una ocupación racional del territorio...” (Ibíd.). No obstante, el problema sigue sin solución porque subsiste una ocupación desordenada del suelo, según se observó durante el trabajo de campo.

Así por ejemplo, en el barrio “El Embudo”, que es un sector de alto riesgo por deslizamientos y flujos de lodo, (Figura 66), la ocupación desordenada continúa. Se están levantando viviendas tipo “villas”, los “ranchos” han proliferado en relación al año 2012, (Figuras 67 y 68). Actualmente están ocupando ya la parte alta, que corresponde al cuerpo del deslizamiento, que se encuentra en precario equilibrio.



**Figura 66 Barrio “El Embudo”, riesgos por deslizamientos y flujos de lodo  
Marzo, 2017**



**Figura 67 Condiciones de ocupación, sector alto del barrio  
“El Embudo”, a diciembre, 2012**



**Figura 68** Condiciones de ocupación, sector alto del barrio “El Embudo”, marzo, 2017

Para agravar la situación, en este sector están presentes arcillitas expansivas, tipo “esmectita”, con buzamientos a favor de la pendiente, (Figura 69). Solamente falta el evento disparador: lluvias continuas, para que la arcilla se sature y se inicie el movimiento. Se prevé que los flujos de lodo arrasarán, como en los años noventa, las frágiles viviendas.



**Figura 69** Arcillita expansiva, con inclinación hacia la pendiente

Las trampas de lodo, construidas para minimizar el impacto de los flujos, están descuidadas y sus tuberías taponadas, creándose a la par, condiciones de insalubridad. (Figura 70). En este sector, al igual de otros asentados en laderas, existen condiciones de vulnerabilidad creciente, que no se han logrado controlar.



**Figura 70 Trampas de lodo en mal estado. Barrio “El Embudo”, marzo 2017**

No se puede argumentar desconocimiento de lo que sucede, ya que existen cámaras del Servicio Integrado de Seguridad ECU 911 Esmeraldas, que vigilan el barrio, de manera ininterrumpida, todo el año. Los operadores del sistema de cámaras, con mucha seguridad, habrán registrado estos cambios y estarán al corriente de la progresiva ocupación del sector.

La ocupación ilegal que causa rápidos cambios en el uso de suelo, la descoordinación y deficiente comunicación al interior del GAD Municipal, discrepancias entre funcionarios municipales por situaciones de pensamiento político, la falta de titulación de los predios ocupados, especialmente en la zona urbano-periférica de la ciudad, insuficientes recursos económicos y humanos, entre otras, podrían ser las causas por las que los registros catastrales de la ciudad no están completos ni actualizados, ni existe una continuidad de acciones, entre una administración y otra.

Ministerios de Estado, como el de Ambiente, (MAE), Vivienda, (MIDUVI), Agricultura, (MAGAP), e instancias subordinadas, como la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, (SNGR), tienen competencia para apoyar los Planes de Desarrollo provincial y cantonal de Esmeraldas.

Sin embargo, se trabaja descoordinadamente. El Gobierno cantonal así lo reconoce, cuando enuncia que “las representaciones ministeriales en el territorio no están articuladas con las actuaciones del gobierno cantonal, por el contrario se están convirtiendo en unidades ejecutoras de obras sin apego a la planificación local.” (PDOT, GAD Esmeraldas, 2012, óp. cit. p. 74).

Quizás sea esta la razón por la que, de una parte se ha fomentado la deforestación, en apoyo al el cultivo de pastos y en detrimento del bosque nativo; por otra, existe muy poco ganado. Al respecto, subsiste la inquietud acerca de la inacción del GAD Municipal, ante la agresiva y continua deforestación, (Figura 71).

Si bien es cierto, el MIDUVI propone soluciones habitacionales para quienes viven en situación de vulnerabilidad, sin embargo, no se preocupa de legalizar los terrenos. Es el caso de la mencionada ciudadela “Bendición de Dios”, sector “Vuelta Larga”, (Figura 60), mencionada anteriormente.



**Figura 71 Terrenos colinados, totalmente deforestados. (sector alto, aledaño al barrio “El Embudo”), año 2012**

La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), a través de sus Coordinaciones Zonales, ejecuta proyectos de mitigación, solicitados por los GAD’s,

mediante la contratación de obras de ingeniería. En el caso de la ciudad de Esmeraldas, para la estabilización de laderas y taludes.

Así, entre los años 2010 y 2011, a través del proyecto “Estabilización de laderas y encauzamiento de aguas lluvias en el “Cerro Gatazo”, gestionado por la SNGR, se ejecutó “anclajes de los taludes del cerro y encauzamiento de las aguas lluvias con las construcción de cunetas de coronación y trincheras”, (Figura 72), para “evitar en lo posible los deslizamientos de tierra. La población beneficiada directa e indirectamente con estos trabajos se calcula en unas 8000 personas” (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2011).



**Figura 72 Estabilización de los taludes en la cima del "Cerro Gatazo", contratada por la SNGR**

En febrero de 2016, las constantes lluvias provocaron un deslave en el mismo lugar, resultando afectadas 5 viviendas, una tubería de conducción de agua y 15 familias. Esto sucedió debido a que la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo (SNGR), si bien es cierto, contrató obras de estabilización en la cima del cerro, “faltó concluir las obras complementarias con el GAD Municipal” de Esmeraldas. (Toro, 2016). Estas inestabilidades colocan, aún hoy, en situación de alta vulnerabilidad, a otros barrios asentados en las laderas del cerro. (Barrios La Cocoy, La Guacharaca, Primero de Mayo y 20 de Noviembre).

Este caso confirma la afirmación “otras representaciones ministeriales se están convirtiendo en unidades ejecutores de obras, sin apego a la planificación local del GAD municipal de Esmeraldas”. (PDOT, GAD Esmeraldas, 2012, óp. cit. p. 74).

Como se puede apreciar, estas condiciones de descoordinación entre entidades estatales, de socorro, de prevención de riesgos y el GAD cantonal, contribuyen a aumentar los niveles de riesgo a los que está sometida la población.

Es importante mencionar que el GAD Municipal de Esmeraldas, ha tenido el apoyo de ONG internacionales como la Comisión Europea y la OXFAM, mismas que, en coordinación con la SNGR, en el año 2012, y con la Unidad Gestión de Riesgos y Cambio Climático de la Dirección de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Esmeraldas, efectuaron estudios tendentes a identificar y mitigar los riesgos del cantón.

Se publicaron los resultados en el informe “Estrategia de Gestión de Riesgos y Desastres para el Cantón Esmeraldas”, donde se analizan temas como: Esmeraldas y sus riesgos, vulnerabilidad de Esmeraldas, riesgos en el sector agua y saneamiento, reducción de riesgos basada en procesos de articulación territorial, entre otros. (OXFAM, Ortíz, M., Estupiñán, B., et. al., 2012).

En este documento, entre las páginas 22 -31, se delinear los objetivos y líneas de acción, que sirvieron de base para el desarrollo del PDOT, 2012-2022. (PDOT, GAD Municipal de Esmeraldas, 2012, Óp. Cit.), y se anexa una compilación de Mapas de Riesgos, de Inundaciones Fluviales, por Tsunami y Mapas de Vulnerabilidades, en diferentes escalas y de diferentes autorías, para conocimiento del GAD e instancias que conforman el COE Cantonal. (Ibíd.)

En enero de 2012, la OXFAM, conjuntamente con el GAD Municipal de Esmeraldas, realizó otro proyecto: “Estudio de Mitigación de Riesgos de desastres socio-naturales, en zonas vulnerables de la ciudad de Esmeraldas – Ecuador - Componente principal: Agua, Saneamiento e Higiene”. (OXFAM, 2012).

Este es un “estudio-diagnóstico de mitigación de riesgos de desastres, para zonas urbanas de alta vulnerabilidad, en Esmeraldas, con énfasis en el componente agua, saneamiento e higiene. La acción se centra en 8 barrios priorizados en base consultas y análisis realizados con apoyo del GAD municipal”. (OXFAM, 2012, óp. cit.). Los barrios estudiados fueron: Primero de Mayo, 20 de Noviembre, La Cocoy, La

Guacharaca, Isla Piedad, Santa Martha, Isla Roberto Luis Cervantes e Isla Luis Vargas Torres.

Como fue un trabajo conjunto, y de apoyo al Gobierno cantonal, es de suponer que sus resultados se socializaron internamente. En razón de que en la visita de campo no se observaron cambios en los barrios mencionados en este proyecto, se puede inferir que no hubo tal socialización, o simplemente que no existe un seguimiento a las acciones emprendidas.

La Universidad Técnica del Norte, en coordinación con Naciones Unidas, (PNUD), la SNGR y la Comisión Europea, en el año 2013, realizó el proyecto: “Análisis de Vulnerabilidades a nivel Municipal. Perfil Territorial del Cantón Esmeraldas”, (Estacio, J., Narváez, N., Yépez, F. et. al., 2013). En este documento, se analizó el territorio y la vulnerabilidad de los elementos esenciales en “tiempo normal” y “en tiempo de crisis”, a nivel cantonal.

Este proyecto pretendió “crear un instrumento de apoyo para que el Municipio de Esmeraldas realice la priorización, formulación y seguimiento a las acciones de reducción del riesgo y manejo de desastres, de forma articulada con los instrumentos de planeación municipal.” (Estacio, J., Narváez, N., Yépez, F. et. al., 2013) óp. cit.).

A pesar de este apoyo recibido, la población esmeraldeña continúa en situación de vulnerabilidad creciente; la expansión de la ciudad continúa caótica, bajo el esquema de la apropiación ilegal de tierras; se sigue construyendo importante infraestructura física, turística y administrativa, en zonas consideradas de alto riesgo.

Todo parece ratificar la idea de que, además de las discrepancias que puedan existir entre funcionarios, por situaciones de militancia política, y la falta de continuidad de acciones, no existe una eficiente comunicación o coordinación al interior del GAD municipal, entre éste y las representaciones de los Ministerios de Estado y Organismos de Socorro, y entre todos ellos. Es decir, cada cual trabaja por su cuenta, sin considerar a las otras entidades del Estado.

### **3.1.3 Evaluación de los riesgos**

Como parte del diagnóstico, se realizó un análisis del riesgo en tres sectores focales representativos de la ciudad de Esmeraldas, utilizando el método cuantitativo - cualitativo de Mosler, (Tabla 1), que permite, previa definición o identificación del

riesgo, identificar, analizar y evaluar los factores de riesgo que influyen en la severidad del riesgo o riesgos identificados, con la finalidad de que la información obtenida, nos permita calcular la dimensión de riesgo, para posteriormente ir a la fase de tratamiento del mismo. Este método es secuencial y cada fase del mismo se apoya en los datos obtenidos en las fases que le preceden. El desarrollo del mismo es como sigue:

**1° – Definición del riesgo:**

En esta fase se requiere definir a qué riesgos está expuesta el área a proteger (riesgo de robo, pérdida de la información, de accidentes, o cualquier otro que se pueda presentar), haciendo una lista en cada caso, la cual será tomada en cuenta mientras no cambien las condiciones iniciales.

**2° – Análisis del riesgo:**

Se utilizan para este análisis una serie de coeficientes (criterios) que tienen un puntaje asociado del 1 al 5, (de “Muy levemente” a “Muy gravemente”), donde el significado de cada uno depende del tipo de riesgo, de la experiencia del evaluador y del grado de conocimiento que tenga del bien, área o elemento a proteger.

+ Criterio de Función (F), que mide cuál es la consecuencia negativa o daño que pueda alterar la actividad normal.

+ Criterio de Sustitución (S), que mide con qué facilidad pueden reponerse los bienes en caso que se produzcan alguno de los riesgos.

+ Criterio de Profundidad o Perturbación (P), que mide la perturbación y efectos psicológicos en función que alguno de los riesgos se haga presente.

+ Criterio de Extensión, (E), que mide el alcance de los daños a nivel territorial, en caso de que se produzca un riesgo y va desde local a internacional.

+ Criterio de Agresión (A), que mide subjetivamente la probabilidad de que el riesgo se manifieste, según la experiencia del evaluador.

+ Criterio de vulnerabilidad (V), que mide y analiza la posibilidad de que, dado el riesgo, efectivamente tenga un daño y cuya consecuencia tiene un puntaje asociado, del 1 al 5.

**3° – Cuantificación del Riesgo considerado:** en función del análisis, (fase 2), los resultados se calculan según el puntaje alcanzado por cada uno de los criterios, con las fórmulas indicadas en la Tabla 1: “Evaluación de Riesgos en áreas focales de la ciudad de Esmeraldas por el Método de la matriz de Mosler”.

4° – **Nivel del Riesgo considerado**, comprende rangos numéricos que definen el nivel del riesgo de manera cualitativa, entre Riesgo Muy Bajo a Riesgo muy Alto, (Tabla 1). Los resultados obtenidos se indican en la Figura 73.

**TABLA 1:**

**Evaluación de riesgos en áreas focales de la ciudad de Esmeraldas, por el método de la matriz de Mosler**

**Criterio de Función (F)** Se refiere a las consecuencias negativas o daños que puedan afectar a la propia actividad.

Muy gravemente	5	Pérdida vidas, destrucción de viviendas y bienes en general
Gravemente	4	Pérdida o afectación grave de personas y bienes
Medianamente	3	Afectación de viviendas y otros bienes, heridos no graves
Levemente	2	Interrupción temporal de actividades, daños menores
Muy levemente	1	Afectación leve localizada, sin afectación a personas

**Criterio de Sustitución (S)** Está referido a las dificultades que pueden tenerse para sustituir a las personas, los productos o los bienes.

Muy difícilmente	5	Pérdida de vidas; imposibilidad de reconstrucción o reposición de bienes
Difícilmente	4	Heridos con gravedad temporal, viviendas y bienes muy afectados
Sin mucha dificultad	3	Heridos, viviendas y bienes poco afectados
Fácilmente	2	Heridas y golpes menores, viviendas y bienes con afectación localizada
Muy fácilmente	1	Sin heridos, afectación leve localizada en viviendas y otros bienes

**Criterio de Profundidad (P)** Está referido a la perturbación y efectos Psicológicos que se podrían producir como consecuencia en la propia imagen de la Empresa

Muy graves	5	Interrupción de las actividades normales y cambio drástico en el modo de vida y comportamiento de las personas; actividad económica (ingresos) totalmente nula. Categoría: damnificados. Ubicación en albergues.
Graves	4	Cambio drástico en el modo de vida, costumbres; actividad económica nula o muy limitada. Categoría: Damnificados. Ubicación en albergues.
Limitados	3	Cambio violento de modo de vida de las personas; cambio temporal o definitivo de lugar de residencia; interrupción temporal de sus actividades. Actividad económica limitada. Categoría: Afectados.

**Criterio de Extensión (E)** Está referido al alcance que los daños o pérdidas puedan causar

Internacional	5	Si rebasa la capacidad de respuesta que pueda tener el Estado
Nacional	4	Si se necesitan todos los recursos del País para atender la emergencia
Regional	3	Si se necesitan los recursos provinciales para dar la atención requerida
Local	2	Si necesitan los recursos cantonales para la respuesta
Individual	1	Si se necesitan recursos puntuales y locales (parroquia, barrio) para la respuesta.

**Criterio de Agresión (A)** Está referido a la probabilidad de que el riesgo se manifieste

Muy elevada	5	Existencia documentada de ocurrencia frecuente o reciente del evento considerado. 90% - 100% de probabilidad de ocurrencia.
Elevada	4	Existen y son evidentes la mayoría de las condiciones generadoras del riesgo. Ocurrencia documentada de ocurrencia del riesgo.
Normal	3	Existen condiciones generadoras del riesgo, aunque éste no se manifieste
Reducida	2	Cuando las condiciones generadoras del riesgo son reducidas
Muy reducida	1	Cuando las condiciones generadoras del riesgo prácticamente no existen y el riesgo nunca se ha manifestado.

Continúa...

**Criterio de Vulnerabilidad (V)** Está referido a la probabilidad de que realmente se produzcan daños o pérdidas.

Muy elevada	5	Personas asentadas dentro del área de influencia del riesgo o en lugares con mala calidad de suelos, terrenos morfológicamente inadecuados, deforestación, construcciones no técnicas, mala calidad de materiales de construcción, evidente pobreza, poca o nula percepción del riesgo, sin cohesión social.
Elevada	4	Personas asentadas dentro del área de influencia del riesgo, , terrenos morfológicamente inadecuados, deforestación, construcciones no técnicas, mala calidad de materiales de construcción, niveles de vida medio - bajos, poca percepción del riesgo, limitada cohesión social.
Normal	3	Personas asentadas en los límites del área de influencia del riesgo, terrenos morfológicamente inadecuados, calidad de vida media a baja, construcciones con mala calidad de materiales, limitada capacidad de resiliencia.
Reducida	2	Personas ubicadas fuera de los límites del área de influencia del riesgo, calidad de vida media, construcciones con regular calidad de materiales, existencia de cohesión social y moderada a buena capacidad de resiliencia..
Muy reducida	1	Personas viviendo fuera de los límites del área de influencia del riesgo,, calidad de vida media - alta, construcciones con regular a buena calidad de materiales, existencia de cohesión social y capacidad de resiliencia.
Leves	2	Sin interrupción de sus actividades normales; cambios leves en su comportamiento o modo de vida. Pánico, susto temporal localizado.
Muy leves	1	Sin cambios aparentes. Susto, pánico puntual muy localizado.

(Fuente: El autor)

Las fórmulas empleadas son:

Importancia del Riesgo = I; donde  $I = F \times S$

Daños = D; donde  $D = P \times E$

Carácter del Riesgo = C; donde  $C = I + D$

Cálculo de la Probabilidad (Pb):  $Pb = A \times V$

Cuantificación del Riesgo Considerado = CR; donde  $CR = C \times Pb$

### Nivel del Riesgo:

Valores de CR entre:                      Nivel de Riesgo:

2 y 250 ..... Muy reducido

251 y 500 ..... Reducido

501 y 750 ..... Medio

751 y 1000 ..... Elevado

1001 y 1250 ..... Muy elevado

MATRIZ DE ANALISIS Y EVALUACION DE RIESGOS METODO MOSLER																						
No	Escenario	Sector "Las Palmas"						Sector Puerto Marítimo Internacional						Sector valle R. Teaone- refinería estatal								
		F	S	P	E	A	V	CR1	F	S	P	E	A	V	CR2	F	S	P	E	A	V	CR3
1	Terremoto	5	5	5	4	5	4	900	3	5	4	4	5	4	620	5	5	5	4	5	4	900
2	Tsunami	5	4	4	4	4	4	576	5	5	5	4	4	4	720	2	1	3	4	1	1	168
3	Deslizamientos	4	5	5	2	4	5	600	1	1	3	1	1	1	4	3	4	5	2	4	4	352
4	Inundaciones (ríos)	1	1	2	2	1	1	5	1	1	2	1	1	1	3	3	4	5	2	5	5	550
5	Flujos de lodo	3	4	3	2	3	3	162	1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	2	3	4	240
Área más crítica		Terremotos / deslizamientos						2243	Tsunami/Terremoto						1349	Terremoto / inundaciones x río						2210

**Definición del Riesgo**

**Cuantificación del Riesgo (CR)**

**CÓMO LLENAR LA MATRIZ DE RIESGOS**

- Una vez identificados los riesgos, se colocan en forma vertical en la columna de la izquierda
- Una vez identificados los escenarios, estos se colocan en la parte superior en forma horizontal
- Debajo de cada escenario se colocan 7 columnas, en las 6 primeras van los 6 criterios y en la última la cuantificación del riesgo
- En cada casillero que está debajo de cada uno de los criterios, escribir el valor, entre 1 y 5
- Aplicar la fórmula correspondiente:  $CR = ((FxS) + (Px E)) \times (AxV)$

**Figura 73 Matriz de Mosler**

Elaboración: El autor

También se realizó un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas, (FODA), considerando los factores internos y externos de la ciudad de Esmeraldas, para potenciar aquellos factores tipo oportunidad y mantener las fortalezas detectadas. (Figuras 74 y 75).

METODO FODA					
MATRIZ DE FACTORES INTERNOS					
FACTORES	FORTALEZA/ DEBILIDAD	PESO 100%	CALIFICACION 1 a 4	PONDERACION	OBSERVACIONES
1.- Baja percepción del riesgo en la población	D	10	1	0,1	
2.- Ausencia de cultura de prevención	D	10	1	0,1	
3.- Acceso a educación en todos los niveles	F	9	4	0,36	FORTALEZA
4.- Baja cohesión social	D	10	1	0,1	
5.- Baja calidad de vida de la población	D	7	2	0,14	DEBILIDAD
6.- Acceso fácil a radio y televisión local e internacional	F	8	4	0,32	FORTALEZA
7.- Existencia de liderazgo barrial y parroquial (Iglesias)	F	6	3	0,18	FORTALEZA
8.- Materiales y técnicas de construcción inadecuados	D	20	1	0,2	DEBILIDAD
9.- Asentamientos en terrenos inadecuados	D	20	1	0,2	DEBILIDAD
<b>TOTALES</b>		<b>100</b>		<b>1,7</b>	<b>DEBILIDAD</b>
<b>TOTAL PONDERACION</b>	PONDERACION MAYOR 2.5 FORTALEZA		RESULTADO DE LA MATRIZ		
	PONDERACION MENOR 2.5 DEBILIDAD				
<b>CALIFICACION</b>	<b>RESULTADO DE LA MATRIZ</b>				
1 Mayor debilidad	1,70 es MENOR a 2.50 (DEBILIDAD)				
2 Menor debilidad					
3 Menor fortaleza					
4 Mayor fortaleza					

**Figura 74 Matriz FODA factores internos**

Elaboración: El autor



## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Resultados del diagnóstico

Una parte de la ciudad de Esmeraldas está construida sobre terrazas aluviales, es decir, sobre sedimentos acarreados por los ríos Esmeraldas y Teaone, hoy levantados con respecto al nivel actual de los mismos. Otra parte ha ocupado el sector colinado, compuesto por limos, arcillas expansivas, capas de areniscas y conglomerados finos. Sus pendientes tienen inclinaciones moderadas a fuertes, con tendencia a deslizarse en condiciones de humedad y ausencia de vegetación.

Estudios recientes, (Chunga, K., et al, 2017), indican que la falla del río Esmeraldas (falla FC14), la más cercana a la ciudad, podría generar sismos en el orden de M 7.18 y aceleraciones en roca, del orden de 41% de la gravedad, con alta probabilidad de generación de tsunamis.

A raíz del sismo de Pedernales del año 2016, el Municipio de Esmeraldas realizó un “levantamiento de información de las afectaciones estructurales... el estudio reveló que el 98% fueron hechas informalmente”. (Diario La Hora Nacional, 2016). Esto significa que la mayoría de las construcciones no son sismo-resistentes.

Por las consideraciones anteriores, más la expansión descontrolada de la ciudad, la urbe esmeraldeña presenta condiciones de vulnerabilidad creciente, y de alto riesgo futuro ante un sismo de carácter destructor, con presencia de tsunamis, mismos que causarían cuantiosas pérdidas por destrucción de la mayoría de la infraestructura física de la ciudad y un alto número de damnificados.

Por otra parte, la variación climática, con épocas secas y otras muy lluviosas, especialmente durante los meses de enero y febrero, o ante el fenómeno “El Niño”, constituyen eventos disparadores de deslizamientos y deslaves en los sectores colinados y de pie de monte, debido factores internos y externos, como: la constitución arcillosa de los mismos, condiciones de alta deforestación, alteración del equilibrio natural de las laderas por obras civiles, en especial de vivienda, entre otros.

En los valles fluviales, con mayor severidad en el río Teaone, las lluvias ocasionan inundaciones por desbordamiento de los ríos y esteros, mismas que afectan a las

terrazas bajas y medias, debido al incremento inusual de los caudales; adicionalmente, con las inundaciones, se dan casos de colmatación de letrinas y pozos sépticos, deteriorando, aún más, las precarias condiciones de salubridad en esos sectores.

En cuanto a institucionalidad y gobernanza, se ha visto que existe debilidad institucional evidenciada por descoordinación en las instituciones del Estado con representación en Esmeraldas y el GAD Municipal y en éste mismo.

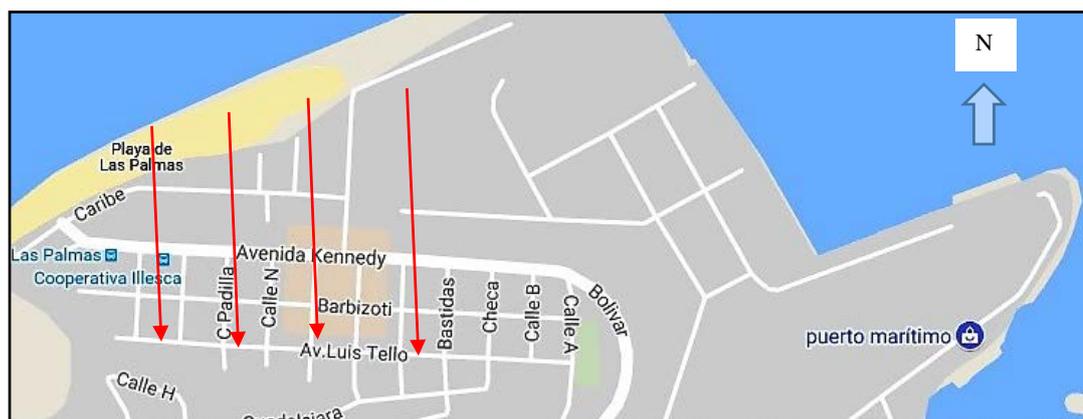
El GAD Municipal trabaja bajo esquemas administrativos muy piramidales, lo que propicia mala comunicación, toma de decisiones inadecuadas y falta de articulación entre procesos de planificación – ejecución. Además, entre una administración y otra, se evidencia discontinuidad en procesos y ejecución de proyectos; algunos quedan inconclusos, con pérdida de la inversión, del beneficio social, o ambos.

Por otra parte, subsiste el crecimiento acelerado de la ciudad, bajo el esquema histórico de la apropiación ilegal de tierras. En estas circunstancias, es difícil mantener registros catastrales completos y actualizados y dotar de servicios esenciales a estos sectores. Tal parece que a la población es indiferente a los, o tal vez se resigna a lo que le pueda suceder. Esta particularidad, como se ha dicho, parece ser una característica propia de los esmeraldeños.

En cuanto se refiere a la matriz de Mosler, (Figura 73), de los tres sectores focales, representativos de las condiciones fisiográficas de Esmeraldas, el más crítico resultó ser “Las Palmas”, que representa, para este ejercicio, a los paisajes planos de la ciudad, (terrazas altas), al colinado y sus laderas. El puntaje para esta área focal, arroja una cifra total de 2.243 puntos, de los cuales la incidencia de un terremoto alcanza el valor más alto: 900 puntos, seguido de deslizamientos y reptación del suelo, con 600 puntos, tsunami, 576 puntos y, finalmente, flujos de lodo, con un puntaje de 162, que representa un riesgo moderado - bajo.

Es decir, en orden de importancia, el riesgo más alto para los sectores de pie de monte, planos y de colinas, es el terremoto. El segundo riesgo, también de consideración, son los deslizamientos e inestabilidades en general, y, según la ubicación, inclusive tsunamis. El de menor importancia fué el riesgo de flujos de lodo. Estos resultados son concordantes con la información obtenida, tanto de los registros documentales, como de las observaciones y evidencias de campo explicadas en el capítulo anterior.

Así, tomando como ejemplo el área focal del barrio “Las Palmas”, la ocurrencia de un terremoto causaría las afectaciones más graves a la infraestructura costera, más aún, si se genera un tsunami, cuyas aguas ingresarían, causando daños, desde la playa hasta la calle Luis Tello, en la parte posterior del barrio. (Figura 76).



**Figura 76 “Las Palmas” - límite de inundación por tsunami**

Fuente: Google Maps, 2017; Arreaga, P., 2004

El otro riesgo de importancia, por el potencial grado de destrucción que implica, es el gran deslizamiento del barrio “Tercer Piso”, ya comentado en la sección anterior y que, por evidencias de campo, continúa en desequilibrio. (Figuras 77 y 78).



**Figura 77 Erosión retrocedente en la corona del deslizamiento, en el año 2012**



**Figura 78 Corona del mismo deslizamiento, en marzo de 2017**

Al pie de este gran deslizamiento, se observa flujos de lodo, (Figura 79), que, acorde al análisis de Mosler, representan riesgos puntuales de un nivel bajo. No obstante, como se explicó en el diagnóstico, estos flujos pueden afectar a las viviendas y a instituciones educativas, situadas a lo largo de la calle Luis Tello.



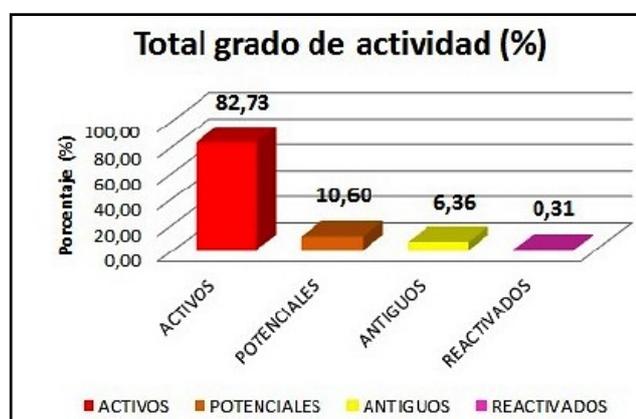
**Figura 79 Flujos de lodo al pie de los taludes.  
Calle Luis Tello - "Las Palmas"**

En otros sectores, como el barrio “20 de Noviembre”, en condiciones de exceso de humedad, se generó un deslizamiento de tipo planar con flujos de lodo. En este caso, el evento principal fue el deslizamiento que, a su vez, generó flujos de lodo, como evento negativo secundario. (Figura 80).



**Figura 80 Deslizamiento planar y flujo de barro. Barrio "20 de Noviembre" Esmeraldas**

Como se indicó anteriormente, la matriz de Mosler evidenció que el riesgo deslizamientos sigue en importancia al terremoto. Las laderas, en los sectores colinados, tanto altos como bajos, al estar antropizadas y deforestadas, en condiciones de saturación, tienden a desestabilizarse o a fluir. Estudios anteriores, (Vinueza, I., et. Al. 2012), indican que los deslizamientos activos son las amenazas más recurrentes, en estos sectores de la ciudad. (Figura 81).



**Figura 81 Porcentaje de deslizamientos activos en Esmeraldas**

Fuente: Vinueza, I., et. Al. 2012

La segunda área focal, “Puerto Marítimo”, representa al sector del estuario, incluyendo las terrazas bajas, las orillas del río Esmeraldas, y, por supuesto, las instalaciones de los puertos marítimos internacional y nacional, y sus instalaciones anexas. Para estas zonas, el riesgo más alto es el tsunami, con 720 puntos, seguido del terremoto, con 620 puntos.

Estos resultados son concordantes con la realidad geográfica de la zona, ya que en los puertos marítimos, la densidad de edificaciones no es tan alta como en el resto de la ciudad. Un terremoto, posiblemente afectaría estas edificaciones, la mayoría de las cuales no son de residencia permanente de la población que allí labora. En cambio, la ocurrencia de un tsunami, afectaría gravemente a los puertos marítimos Internacional y Nacional, sobre todo si en ese momento hay naves de carga o pasajeros, acoderadas a sus muelles, las que podrían ser arrastradas tierra adentro. El oleaje se abatiría sobre las instalaciones de oficinas y servicios, (bodegas, dispensarios médicos, escuela de la Marina Mercante, comedores, etc.), la terminal de gas y combustibles y sobre las embarcaciones pesqueras. (Figura 82). Las pérdidas económicas serían altas.



**Figura 82 Puerto marítimo Nacional e instalaciones de servicios (bodegas, al fondo)**

En el estuario, el conjunto de grandes olas, al ingresar al río Esmeraldas, causaría el reflujó de las aguas del río, lo que ocasionaría una crecida rápida y desbordamiento de las aguas, inundando los islotes, terrazas bajas y demás sectores ribereños que normalmente se encuentran casi a nivel del agua. El agua turbulenta, con escombros,

rebasaría la altura del nuevo puente sobre el río Esmeraldas. Se desconoce el grado de afectación que podría causar, o si la presión del agua y acumulación de escombros en los pilotes, pudiera afectar sus condiciones estructurales.

La tercera zona focal, “Sector del valle del río Teaone – Refinería estatal”, representa a toda la zona aledaña al río Teaone, hasta su desembocadura en el río Esmeraldas. Este sector corresponde a la parte Sur de la ciudad, y a una porción de la parroquia “Vuelta Larga”, actualmente, densamente poblada. Allí se levantan barrios como La Tolita I y II, CODESA, Propicia I y II, Los Mangos, 50 Casas, entre otros.

Según la matriz de Mosler, un terremoto representa también el mayor riesgo para este sector. El valor del riesgo alcanza los 900 puntos. Las inundaciones por desbordamiento del río Teaone, son segundo riesgo importante para esta zona, con 550 puntos, seguido de deslizamientos y flujos de lodo, con 352 y 240 puntos, respectivamente.

El riesgo de tsunami es el más bajo, con 168 puntos, lo cual es muy concordante con la realidad geográfica, ya que el riesgo de tsunami afecta únicamente a las terrazas aluviales bajas del río Esmeraldas, donde se asientan los barrios Propicia I y II, aledaños a las orillas de este río. Es importante destacar que en esta zona, concurren dos riesgos: inundaciones fluviales y por tsunami. (Figura 83).



**Figura 83 Viviendas en las orillas del río Teaone, barrio Propicia I, Esmeraldas**

Las inestabilidades del suelo, (reptación, deslizamientos, flujos de tierra), ocurren en la zona más elevada, donde se asientan las instalaciones de la refinería estatal, la vía alternativa de ingreso a la ciudad “Coronel Carlos Concha”, (que pasa cerca del depósito de residuos sólidos urbanos de la ciudad). (Figura 84). En definitiva, en estos 3 sectores representativos de la ciudad de Esmeraldas, el riesgo más severo representa un terremoto y su evento asociado, tsunami.



**Figura 84 Deslizamientos a lo largo de la vía Coronel Carlos Concha**

En cuanto se refiere a la aplicación de la matriz FODA, la matriz de factores internos (Baja percepción del riesgo en la población, ausencia de cultura de prevención, acceso a educación en todos los niveles, baja cohesión social, baja calidad de vida de la población, acceso fácil a radio y televisión local e internacional, existencia de liderazgo barrial y parroquial, materiales y técnicas de construcción inadecuados, asentamientos en terrenos inadecuados), arrojó un valor de 1,70 con relación a 2,50 puntos; esta relación representa existencia de debilidad.

La matriz FODA de factores externos (existencia sistema integrado de atención ECU-911, migración a las ciudades y explosión demográfica, presión por acceso a tierra y / o vivienda, existencia de GAD Municipal de Esmeraldas, crecimiento urbano desordenado, insuficiente asignación de recursos económicos al GAD, influencia de intereses políticos partidistas en el Gobierno cantonal, demagogia de las autoridades de elección popular, inexistencia de políticas transversales de Gestión Riesgos en todos los niveles, actitud reactiva en entidades de socorro), arrojó un puntaje de 2,07 sobre 2,50 que también representa debilidad.

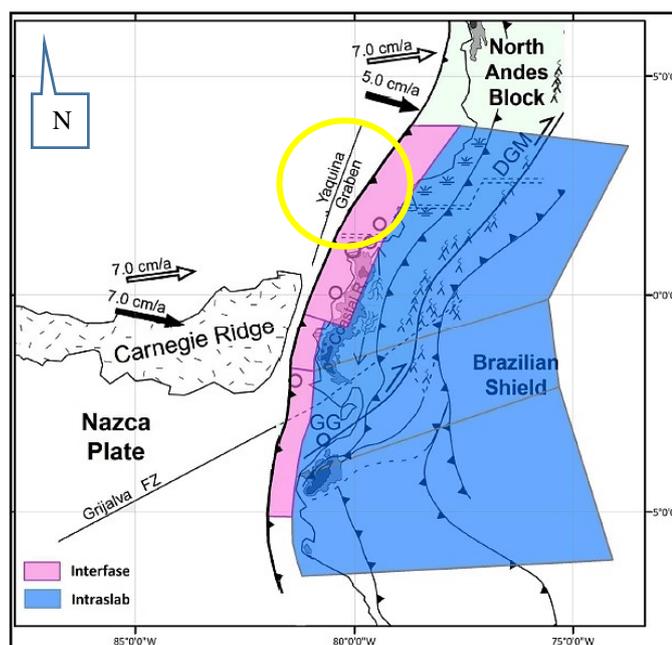
Ante estos resultados, se puede afirmar, de manera concluyente, que, dadas las condiciones actuales, la ciudad de Esmeraldas tiene una capacidad de respuesta baja. Dado que existe una relación inversa entre la vulnerabilidad y la capacidad de respuesta, (menor capacidad de respuesta, mayor vulnerabilidad), entonces, la vulnerabilidad de la ciudad, ante las amenazas recurrentes, concurrentes y concatenadas, es muy alta, y seguirá así, en la medida en que el crecimiento de la ciudad siga desordenado y no considere las zonas expuestas a riesgos.

## 4.2 Caracterización de las amenazas y sus áreas de influencia

### 4.2.1. Sismos y Tsunamis

Como se determinó en el diagnóstico, un terremoto es la mayor amenaza para la ciudad de Esmeraldas, seguida de sus efectos concatenados (licuación de arenas y tsunami). Las fuentes más importantes de sismos para el Ecuador, son, en su orden, la fosa submarina y las fallas corticales continentales aledañas a la fosa oceánica.

Según Alvarado (Alvarado, 2012, citado en (Ortiz, P., 2013) p.27), la fuente sismogénica más importante para Esmeraldas es la Zona de Interface Norte, (Graben de Yaquina), que corresponde al epicentro del mayor sismo sentido hasta hoy, el 31 de enero de 1906, que tuvo una magnitud  $M= 8.8$  (Figura 85).



**Figura 85 Zona de subducción y sus interfaces**

Fuente: Alvarado, 2012, citado en Ortiz, P. 2013, p. 33

Según fuentes secundarias, (Rudolph y Szirtes, 1911, citados en Chunga, K., et. al. 2017, p. 4), este sismo destruyó unas 30 casas en el pueblo de Esmeraldas y en la boca del estuario, donde inicia el cañón submarino de Esmeraldas, se formó un remolino que succionó algunas embarcaciones. (Rudolph y Szirtes, 1911, citados en Chunga, K., et. al. 2017, p. 4).

Los impactos de olas de tsunami acaecieron 30 minutos después del terremoto, con altura run-up entre 5 a 10 metros. La ciudad de Esmeraldas fue afectada por el ingreso de olas de tsunami a través del río y desbordamiento de éste, inundando las zonas de planicies y terrazas aluviales (Espinoza, 1992, citado en Chunga, K., et. al. 2017, p. 4). La ubicación del epicentro fue, a 31 km E de la ciudad de Esmeraldas.

Según Chunga, (Chunga, K., et. al. 2017, pp. 4-8), el segundo registro de fuerte terremoto para la costa norte del Ecuador, aconteció el 19 de enero de 1958, con magnitud 7.6. El epicentro fue reportado a 19 km noreste de la ciudad de Esmeraldas, y, por su proximidad a la ciudad, se documentaron el colapso del 30% de las construcciones y el agrietamiento de numerosos edificios, 15 muertos y 45 heridos (ie., Ramírez, 1958, citado en Chunga, K., et. al. 2017).

La duración de este sismo fue de 35 a 45 segundos, y el efecto cosísmicos primario fue un tsunami, con altura run-up entre 2.0 a 5.9 m (Lockridge, 1985, citado en Chunga, K., et. al. 2017), que arrasó parte de las poblaciones costeras de Esmeraldas. En el puerto, se reportó el daño de una embarcación donde se ahogaron 4 guardias de la Aduana (ie., Ramírez, 1958, citado en Chunga, K., et. al. 2017). El incremento de altura de olas, en este tsunami, puede ser asociado a la re-activación de múltiples deslizamientos submarinos acaecidos en el talud continental y en el cañón Esmeraldas.

El tercer terremoto fue el 12 de diciembre de 1979 “(Ms 7.9) con epicentro en el océano Pacífico, a 75 km noreste de la ciudad de Esmeraldas. Los daños para edificios en la ciudad de Esmeraldas fueron leves a moderados con asignación de intensidad VII, no se reportó víctima alguna.” (Chunga, K., et. al., 2017).

Se produjo también un tsunami, con propagación de ondas, especialmente al NE, (Pararas-Carayanis, citado en Chunga, K., et. al, 2017), y “altura de olas run-up entre 2 a 5 metros, 6 minutos después del sismo principal”. (Espinoza, 1992, citado en Chunga, K., et. al., 2017).

El terremoto de Pedernales, del 16 de abril de 2016, (Mw 7.8, hora local 18h58), ha sido el más reciente con carácter destructivo, relacionado a la zona de subducción. En el centro urbano de la ciudad de Esmeraldas “se documentaron daños menores de mamposterías en algunas viviendas. Se generó un pequeño tsunami, detectado en la ciudad de Esmeraldas, con oscilaciones de ~ 0.5 m/min, entre las 19h06 a 19h09. Este evento ocurrió en baja mar, por lo que sus efectos pasaron inadvertidos”. (Chunga, K., et. al. 2017).

Con respecto a la segunda fuente sismogénica, el evento más antiguo, asociado a la activación de fallas corticales, es el sismo del 9 de abril de 1976 (Mw 6.7, profundidad 9 km). En la ciudad de Esmeraldas se evidenciaron daños de cimentaciones, como en el Hospital “Delfina Torres de Concha”, Escuelas “5 de Agosto” y “Juan Montalvo”, Mercado Central y varias viviendas. (Chunga, K. et. al. 2017, pp. 8-9).

Otros sismos corticales acontecieron, el 2 de enero 1981 (Mw 5.9), y el 25 de junio de 1989 (Mw 6.3) frente a la ciudad de Esmeraldas, que ocasionaron menores deslizamientos y daños en el área urbana. (Chunga, K. 2017, Óp. Cit.). Otra reciente actividad sísmica asociada a fallas superficiales, aconteció el 19 de diciembre de 2016 (Mw 5.4, MI 5.8, profundidad 4 a 6 km), con epicentro en Tonsupa, balneario muy cercano a la ciudad de Esmeraldas. Cerca de 70 edificaciones se afectaron, de las cuales 10 colapsaron. Al siguiente día, otro sismo de 5.2 sacudió esa misma zona costera. (Ibíd.)

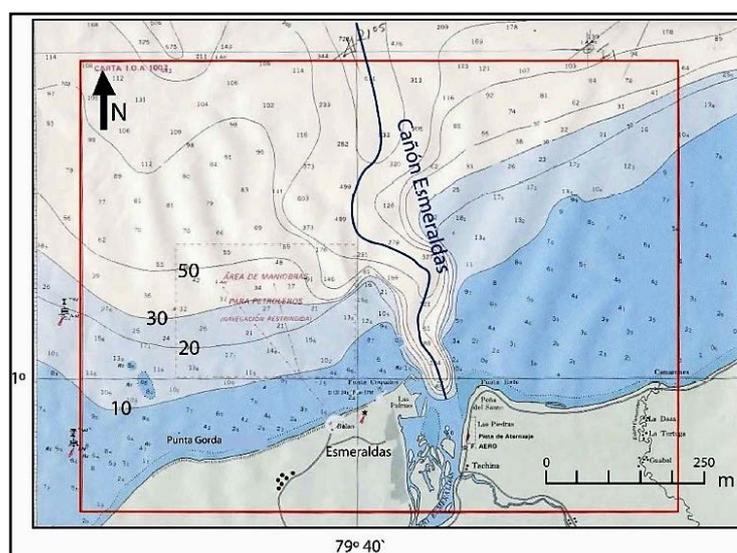
El 31 de enero de 2017, a las 09h22, ocurrió otro sismo, (Mw 5.5, profundidad 9 km). Se produjeron daños del edificio del Municipio de la ciudad de Esmeraldas, con cuarteamiento en las mamposterías y colapsos pequeños de paredes en algunas viviendas.

Hasta la fecha, Esmeraldas continúa experimentando actividad sísmica, debida a la reactivación de fallas corticales, por el macrosismo de Pedernales, del año 2016. “Debido a la baja magnitud de los mismos, no se han reportado daños materiales”. (Toulkeridis, T. comunicación personal, 2017).

Del análisis anterior, sismos con características destructoras han ocurrido cada 25 a 28 años, como promedio, muchos de ellos seguidos de tsunamis, cuyas olas, de 5m

a 10 metros de run up, se han propagado hacia el NE, afectando la línea de costa de la provincia, generalmente entre 30 a 90 minutos después de ocurrido el sismo.

Debido a que muy cerca de la desembocadura del río Esmeraldas en el mar, existe un cañón submarino, conocido localmente como “fosa”, (Figura 86), de casi 600 metros de profundidad, (Silva, P., 2007), de producirse un sismo con epicentro en éste accidente submarino, o muy cerca al segmento o interface Norte de la Placa de Nazca, la probabilidad de generación de un tsunami, con olas de 10 metros de run up, es muy alta. Entonces, sismos y tsunamis son amenazas concatenadas y concurrentes a la vez, con alta probabilidad de recurrencia.



**Figura 86 Mapa batimétrico del puerto de Esmeraldas**

Fuente: INOCAR, 1984, tomado de Silva, P., 2007, p. 61

La vulnerabilidad sísmica de Esmeraldas es muy alta, debido no solo por el tipo de suelo, sino también por el estilo constructivo de los edificios, con “pisos blandos”. Al respecto, Páez y Zabala, (Páez, D., Zabala J., et.al., 2017), expresan:

“Se denomina piso blando en aquellos edificios, cuya planta baja está diseñada y destinada para parqueadero vehicular, restaurantes, áreas verdes, lobbies, entre otras; de tal forma que sólo existen elementos verticales o columnas a este nivel y en los pisos superiores, se construyen cerramientos para viviendas con mampostería, armada o no, lo que hace estructuralmente es que la planta baja tenga menor rigidez que las pisos superiores, cuando lo sísmico resistente correcto, es lo contrario, mayor rigidez en las plantas inferiores.” (Páez, D., Zabala, J., et. al. 2017, p. 61).

El diseño y uso del “piso blando”, (Figura 87), es una práctica muy común en la costa, aunque desde el punto de vista sismo resistente no es recomendado usarlos, ya que ante las sollicitaciones sísmicas el piso bajo falla, provocando el colapso de la edificación. La destrucción de las estructuras en Pedernales, se debió principalmente, según Páez y Zabala, (Páez, D., et. al. 2017, óp. cit.), a este estilo constructivo.



**Figura 87 Construcciones con "piso blando"  
(calle P. Vicente Maldonado, Esmeraldas)**

Otra fuente de vulnerabilidad sísmica para Esmeraldas, constituye la heterogeneidad y la informalidad en las construcciones. Estas situaciones son comunes en la ciudad de Esmeraldas, tanto en la zona céntrica – comercial, como en las áreas sub-urbanas y periféricas, y ocurren debido a que “muchas de las construcciones se levantan por etapas, con los ingresos periódicos de las familias... Eso repercute en la homogeneidad de los materiales de construcción y, por extensión, en una pérdida de las cualidades de resistencia de los materiales”. (Arq. Fernando Almeida en Diario “El Comercio, 23 de abril de 2016, Edición digital).

La informalidad se refiere a construir sin estudios de suelos, sin planos aprobados por las instancias de control, con materiales de dudosa calidad, sin dirección técnica y sin análisis o conocimiento de la zona, misma que puede estar expuesta a amenazas

naturales y antrópicas. La heterogeneidad, se refiere a pisos voladizos, terrazas y balcones, que rompen la uniformidad de la construcción y la debilitan ante las sollicitaciones sísmicas. (Figura 88).



**Figura 88 Informalidad en las construcciones (Calle Quito y P. V. Maldonado – Esmeraldas)**

En cuanto a tsunamis se refiere, según Cruz y Vásquez, (2010), la acción de éste sobre la costa, puede desglosarse a su vez, en cuatro tipos de amenazas, según la manera como el oleaje incida en la playa:

- 1) Amenaza por rotura o colapso de cresta (“efecto de ariete”), por acción hidráulica: golpe o embate de la ola.
- 2) Amenaza por inundación turbulenta veloz, espumosa y con gran inercia (run up) debido al desplazamiento hacia adelante de una importante cantidad de agua colapsada, (mezclada posiblemente, con escombros y arena).
- 3) Amenaza por erosión activa durante el reflujos o retroceso de la masa de agua, (run off) antes de la llegada de la siguiente ola; y,
- 4) Amenaza por “efecto de dique” en zonas de desembocaduras de ríos y esteros; es un reflujos de las aguas de éstos, por ingreso de olas tsunami génicas a sus cauces, ocasionando inundaciones rápidas, pero de corta duración, en sus riberas. (Cruz, M., Vásquez, N., 2010).

En este contexto, a despecho de la alta probabilidad de ocurrencia de un sismo de magnitud, Esmeraldas aglutina gran parte de su infraestructura turística y comercial en zonas de alto riesgo de tsunami, y continúa haciéndolo. Los sectores que mejor

representan esta realidad, son “Las Palmas” y el Puerto Marítimo, no obstante estar sujetos a las amenazas indicadas, (Figuras 89, 90 y 91).



**Figura 89** Vista panorámica del sector de “Las Palmas y el puerto marítimo, (2012)



**Figura 90** Vista panorámica del mismo sector, cinco años después, (2017)



**Figura 91** Nuevo malecón de "Las Palmas" - Esmeraldas

En las instalaciones del Puerto Marítimo Nacional, existe gran cantidad de elementos expuestos a los efectos de un tsunami: la terminal de gas, centros comerciales, comedores públicos, oficinas de servicios del puerto, bodegas, instalaciones de la Armada Nacional, de la Escuela de la Marina Mercante, gasolineras, y últimamente, un edificio del Centro de Atención Ciudadana de Esmeraldas, que tiene un costo de 23,3 millones de dólares, según su propaganda. (Figuras 92 a 95).

No se comprende cómo las instancias de control, concededoras de estas amenazas, puedan autorizar estas construcciones, que son un polo de atracción de gran cantidad de personas, a zonas de riesgo.



**Figura 92 Centro de Atención Ciudadana de Esmeraldas**



**Figura 93 Costo del Centro de Atención Ciudadana**



**Figura 94** Locales comerciales en la zona del Puerto Marítimo Nacional



**Figura 95** Escuela de la Marina Mercante, Puerto Marítimo Nacional

Aledaño al sector de los puertos marítimos, dentro del área de amenaza de “efecto de ariete” de un potencial tsunami, se encuentran el Hospital Naval y el Servicio Integrado de Seguridad, ECU – 911. (Figura 96). Este último servicio, como ya se indicó en el diagnóstico, está interconectado con servicios similares en otras provincias, de tal manera que, de verse afectado o quedar fuera de servicio, inmediatamente las operaciones las asumirían los otros centros, por lo que la población

no quedaría desprotegida. (Gerente del ECU-911 de Esmeraldas, comunicación personal, 2017).



**Figura 96 Instalaciones del servicio integrado ECU – 911, Esmeraldas**

El área de influencia de tsunami, bajo amenaza de efecto de dique, de Norte a Sur, se inicia a partir de las calles Coronel y Av. Guayaquil, misma que más al Sur, en la intersección con la Av. Jaime Roldós Aguilera, cambia de nombre a Av. Pedro Vicente Maldonado. El límite de la terraza alta, donde se asienta el casco comercial de la ciudad es, aproximadamente, la Av. P. Vicente Maldonado.

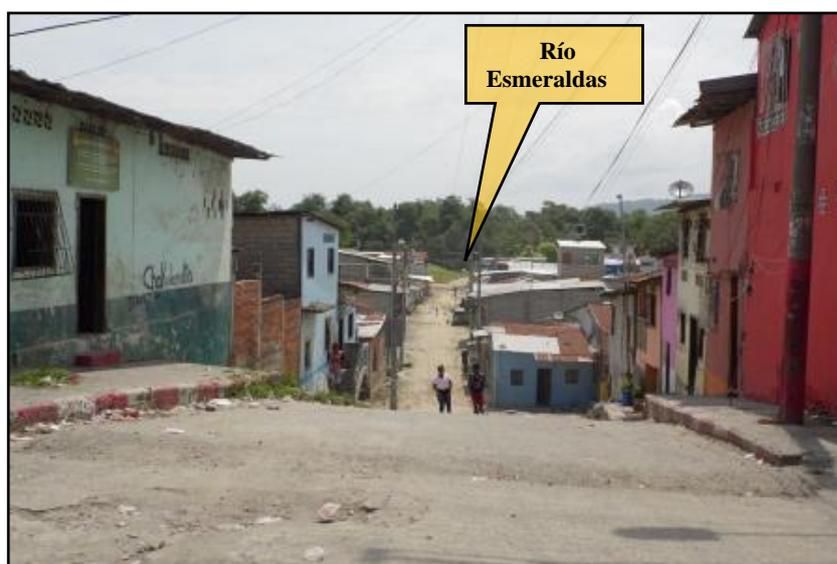
La terraza alta tiene, en promedio, un desnivel aproximado de 6 metros con respecto al nivel del río Esmeraldas. Sin embargo, entre la P. V. Maldonado y Piedrahita, hasta la P.V. Maldonado y Quito, el desnivel baja considerablemente, hasta los 2 metros, aproximadamente, por encima del nivel del río, lo que incrementa el área inundable hasta la zona del Parque Infantil y la Escuela 21 de Septiembre.

La ubicación de la terraza baja es fácilmente identificable, puesto que, a pesar de las construcciones existentes, se aprecia bastante bien el relieve del terreno. (Figuras 97 y 98). Como se aprecia en las figuras indicadas, la infraestructura física es muy modesta e informal. Los pobladores de este sector tienen condiciones económicas limitadas, se dedican al comercio informal o trabajan en el sector de la construcción, por lo que su capacidad de respuesta, en caso de desastre, es también muy limitada.

Estos sectores bajos y muy bajos, pertenecen al dominio fluvial, por lo que pueden ser inundables no solamente en condiciones de sismo – tsunami – efecto de dique, sino

también por desbordamiento del río en época lluviosa; en estos casos, las inundaciones suelen ser lentas y de larga duración.

Las terrazas bajas del río Esmeraldas, y la población que allí habita, están dentro del área de influencia de las amenazas: inundación fluvial y tsunamigénica. Cabe mencionarse que las inundaciones fluviales, en estos sectores, son recurrentes, de frecuencia anual. Por las consideraciones anteriores, la vulnerabilidad física, económica y de salud de los habitantes de estos sectores, es muy alta.

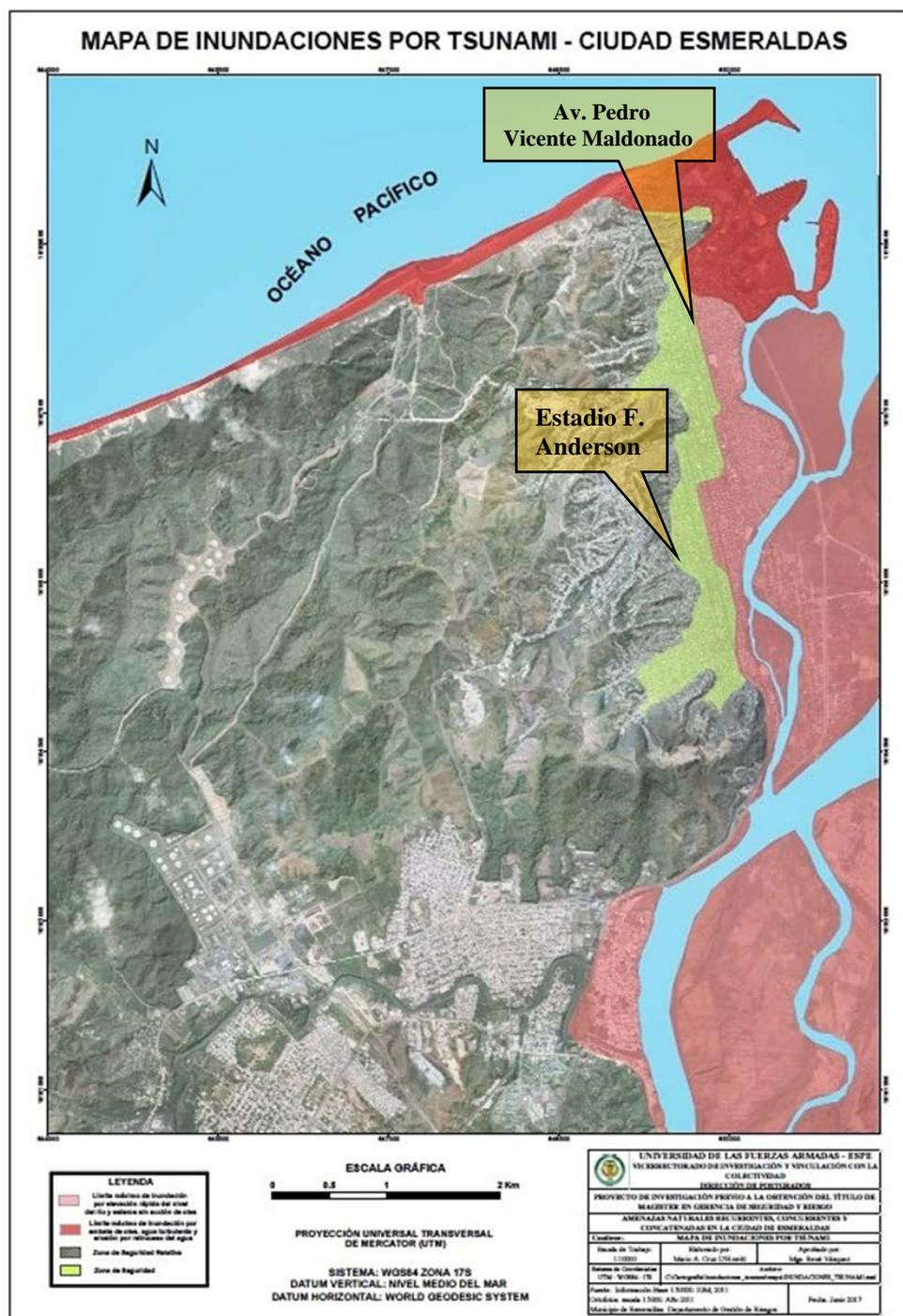


**Figura 97 Av. P.V. Maldonado y Mejía: vista hacia el Este: desnivel de terraza alta a baja (calle Isla Sta. Cruz)**



**Figura 98 Desnivel de terraza alta a baja, vista hacia el río Esmeraldas (calle P.V. Maldonado y Estupiñán – sector “El Arenal”)**

Para ilustrar el área de influencia de un tsunami, se elaboró el Mapa de Inundaciones por Tsunami, (modificado de Cruz, M, 1997; Arreaga, P. 2004 - Figura 99), que se agrega en “Anexos”.



**Figura 99 Mapa de Amenazas por tsunami. En rojo, zona expuesta al efecto de ariete. En rosado, zona expuesta al efecto de dique. Verde, zona de seguridad relativa.**

Fuente: Modificado de Cruz, M. 1997 & Arreaga, P. 2004

Los barrios Propicia I y Propicia II, al Sur de la ciudad, también están en una terraza baja del río Esmeraldas, claramente identificable por el marcado desnivel de, aproximadamente, 5m metros desde la Av. Simón Plata Torres. (Figura 100).



**Figura 100** Ingreso a "Propicia II" desde Av. Simón Plata Torres

En “La Propicia I”, las casas ubicadas a lo largo de la calle Presidente Roldós, se encuentran también muy cerca de la orilla izquierda del río Teaone, por lo que este sector es susceptible de inundarse tanto por crecidas del Teaone, o por el efecto de dique de un potencial tsunami en Esmeraldas. (Figura 101).



**Figura 101** Ingreso a “Propicia I” calle Presidente Roldós

En “La Propicia I y II concurren, entonces, las amenazas de inundación fluvial y tsunamigénica. A su vez, las amenazas de inundación fluvial son recurrentes, de frecuencia anual, en tanto que las tsunamigénicas son de periodos mucho más prolongados.

En estos barrios, existe importante infraestructura de servicios, susceptible de sufrir daños por inundación. De Norte a Sur se distinguen: Academia Naval Jambelí, Maternidad Virgen de la Buena Esperanza, Recinto Ferial Alberto Raad, SOLCA, (Figura 102), entre otras.



**Figura 102 Instalaciones de SOLCA - Propicia I**

Las propiedades ubicadas en la unión del río Teaone con el Esmeraldas, están dentro del área de influencia de inundación fluvial y tsunamigénica. A fin de tener una medida más precisa de los efectos que podría tener el efecto de dique de un potencial tsunami, cabe mencionarse que en el mes de febrero de 2016, luego de un período prolongado de lluvia, el río Esmeraldas desbordó sus aguas, e inundó estos barrios.

La altura de inundación, en el sector de la unión del río Teaone con el Esmeraldas, alcanzó niveles de 1, 70 metros de altura, afectando a los pisos bajos de las viviendas (Figura 103). Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, los habitantes consideran estos eventos como normales, a pesar de las pérdidas de sus enseres y bienes muebles, negándose a abandonar el área o a realizar obras de protección en la ribera, para retardar, minimizar o impedir futuras inundaciones. En este caso, a pesar del alto valor del riesgo, se lo asume.



**Figura 103** Altura de la inundación de febrero de 2016, Propicia I

Así, las propiedades ubicadas en la unión del río Teaone con el Esmeraldas, se inundaron en febrero de 2016, después de un período de lluvias prolongadas. La altura del agua alcanzó 1,70 metros, afectando los pisos bajos de las viviendas, (quedaron parcialmente cubiertos de lodo), (Figura 103).

#### **4.2.2. Inundaciones Fluviales**

La amenaza por inundación fluvial es concurrente con la amenaza de un tsunami y su “efecto de dique”, en la mayor parte del área que ocupa la ciudad de Esmeraldas, excepto en el valle del río Teaone. (Figura 104). En éste, el área de influencia fluvial abarca las terrazas bajas del río, en ambas orillas, cuyo desnivel está comprendido entre 1 y 5 metros.

Ambas orillas del río Teaone se hallan muy pobladas, quedando muy pocos sectores en proceso de ocupación. Tomando la orilla derecha del río, en sentido Este – Oeste, uno de los barrios más afectados, es “La Concordia”, ya que la terraza fluvial, sobre la que se asienta, está apenas a 1 metro sobre el nivel del río. (Figura 105). En consecuencia, cada año, luego de un período de lluvias prolongadas, el río inunda el 80% del barrio, alcanzando las aguas, en los sitios más cercanos al río, alturas de 1,60 metros sobre el nivel de la calle. (Figura 106).

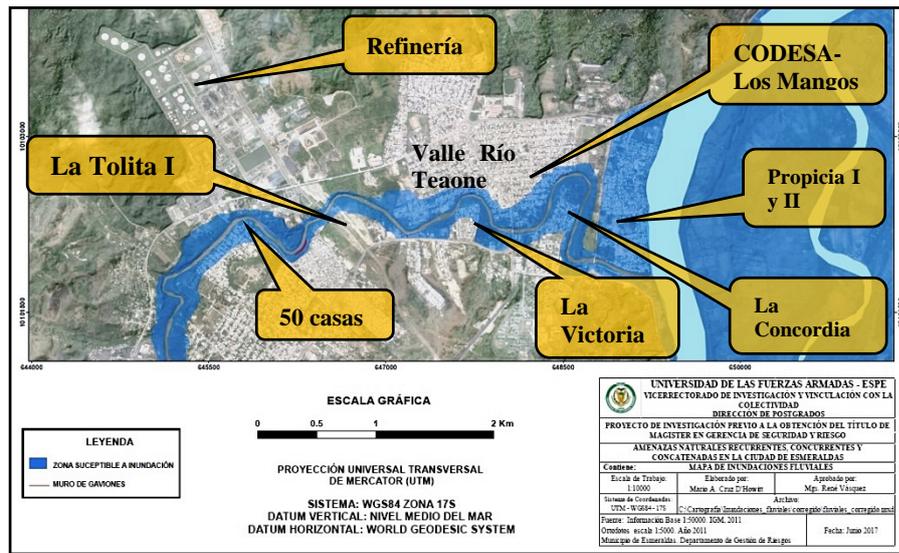


Figura 104 Valle del río Teaone y barrios vulnerables a inundaciones



Figura 105 Terraza baja en el Barrio “La Concordia”



Figura 106 Barrio “La Concordia”, altura de inundación

El barrio “La Victoria”, aledaño al anterior, en sentido Este – Oeste, se levanta sobre la misma terraza baja, por lo que las inundaciones son constantes durante los meses de lluvia, aunque el grado de afectación es ligeramente menor, por la calidad y tipo de construcciones, (Figura 107).



**Figura 107 Tipo de construcciones - Barrio “La Victoria”**

El barrio “La Tolita I” ocupa un área grande. Para protegerse de las inundaciones han construido un muro de gaviones, (Figura 108), mismo que se encuentra sin mantenimiento; sin embargo, este sector aledaño al río, (vía de ingreso al barrio “50 casas”), está protegido, constituyendo una zona de seguridad y a la vez, un ejemplo de las medidas estructurales que pueden adoptarse para protegerse.



**Figura 108 Muro de gaviones en el barrio “La Tolita I”**

El barrio más vulnerable en este sector, (orilla derecha del río Teaone), es el denominado “50 casas”, un asentamiento de hecho, que se encuentra muy cerca al río, habitado por personas de limitados recursos económicos, la mayoría sub-empleados o trabajadores informales, cuyas viviendas se han levantado sin ninguna planificación, muchas a ras del suelo, con materiales de dudosa calidad. (Figura 109).



**Figura 109 Viviendas cerca al río Teaone, Barrio “50 Casas”**

Se trata de construcciones de tipo mixto, (madera – caña – bloque, techo de zinc), sin dirección técnica y a nivel del suelo, lo que las hace más vulnerables. Al igual que en otros barrios aledaños al río, se inundan en cada período lluvioso, afectándose el piso bajo, muebles y enseres domésticos, por el ingreso del agua lodosa, que alcanza alturas de 1,36 m., desde el nivel de la calle. (Figura 110).



**Figura 110 Altura de inundación - Barrio "50 Casas"**

En este barrio se está construyendo el servicio de alcantarillado sanitario, por lo que es de suponer que, el GAD Municipal ha legalizado estos asentamientos, a pesar de las inundaciones recurrentes, de frecuencia anual, que soporta el sector.

Aledaño a este barrio, se ubica el barrio “Inmaculada Concepción”, cuya vía de acceso principal es la Av. del Ejército. Esta avenida corre en sentido Sur – Norte, hasta terminar 40 metros antes del río Teaone. En este punto, se levanta una barriada marginal, con construcciones sin dirección técnica, y materiales de dudosa calidad (madera, bloque, caña, zinc). Este barrio, por estar junto al río, está dentro del área de influencia de las inundaciones periódicas, cuyos niveles de agua lodosa, alcanzan casi 1 metro, a partir de la calzada. Sin embargo, se le ha dotado del servicio eléctrico, por lo que, se supone, ha sido regularizado por el GAD Municipal. (Figura 111).



**Figura 111 Barriada vulnerable a inundaciones, al final de la Av. del Ejército**

Aproximadamente a 100 metros al Sur de esta barriada, se levanta el Centro de Salud “Esmeraldas Sur”, (Figura 112), hasta donde, según versión de los pobladores, las inundaciones fluviales no llegan.

En la orilla izquierda del río Teaone, entre los barrios “La Propicia” y “15 de marzo”, detrás del Cuartel de Policía “Esmeraldas” y del Instituto Técnico “5 de Agosto”, se ubica el barrio “CODESA – Los mangos”, que se extiende hasta las orillas del río Teaone, y lateralmente hasta la avenida Universitaria, al Oeste. El sector que se encuentra expuesto a inundaciones, comprende una franja de 250 metros de ancho, que se extiende paralela al río, entre los límites del barrio.



**Figura 112 Vista hacia el Sur, Av. del Ejército**

Se trata de la ocupación de terrazas bajas, que muestran un desnivel suave de 3 metros, con respecto a la terraza alta, donde se asienta la mayor parte del barrio. (Figura 113). La zona de seguridad, se inicia a partir de la calle Chile, donde está ubicada la escuela “Daniel Comboni” y la Casa Comunal. De allí hasta la avenida Jaime Hurtado Gonzáles y calle J, hasta terminar en la calle “E” (Escuela Eugenio Espejo).



**Figura 113 Ocupación de terrazas bajas del río Teaone (barrio Los Mangos)**

Durante el período lluvioso del año 2016, el río anegó estos sectores bajos, afectando a muchas viviendas, cuyos pisos bajos se llenaron de lodo, hasta alturas de 1,20 metros, desde el piso. Se dañaron bienes muebles, y muchas familias abandonaron sus viviendas, hasta por dos meses, con grave perjuicio para su limitada economía. Al igual que en otros sectores, el GAD Municipal los ha dotado de servicios básicos, (Figura 114), por lo que, a pesar de la informalidad de las construcciones y la ocupación de zona de riesgo, cabría suponer que, es un barrio reconocido y legalizado por el GAD Municipal de Esmeraldas.



**Figura 114 Tipología de vivienda en la franja expuesta a inundaciones (CODESA – Los Mangos)**

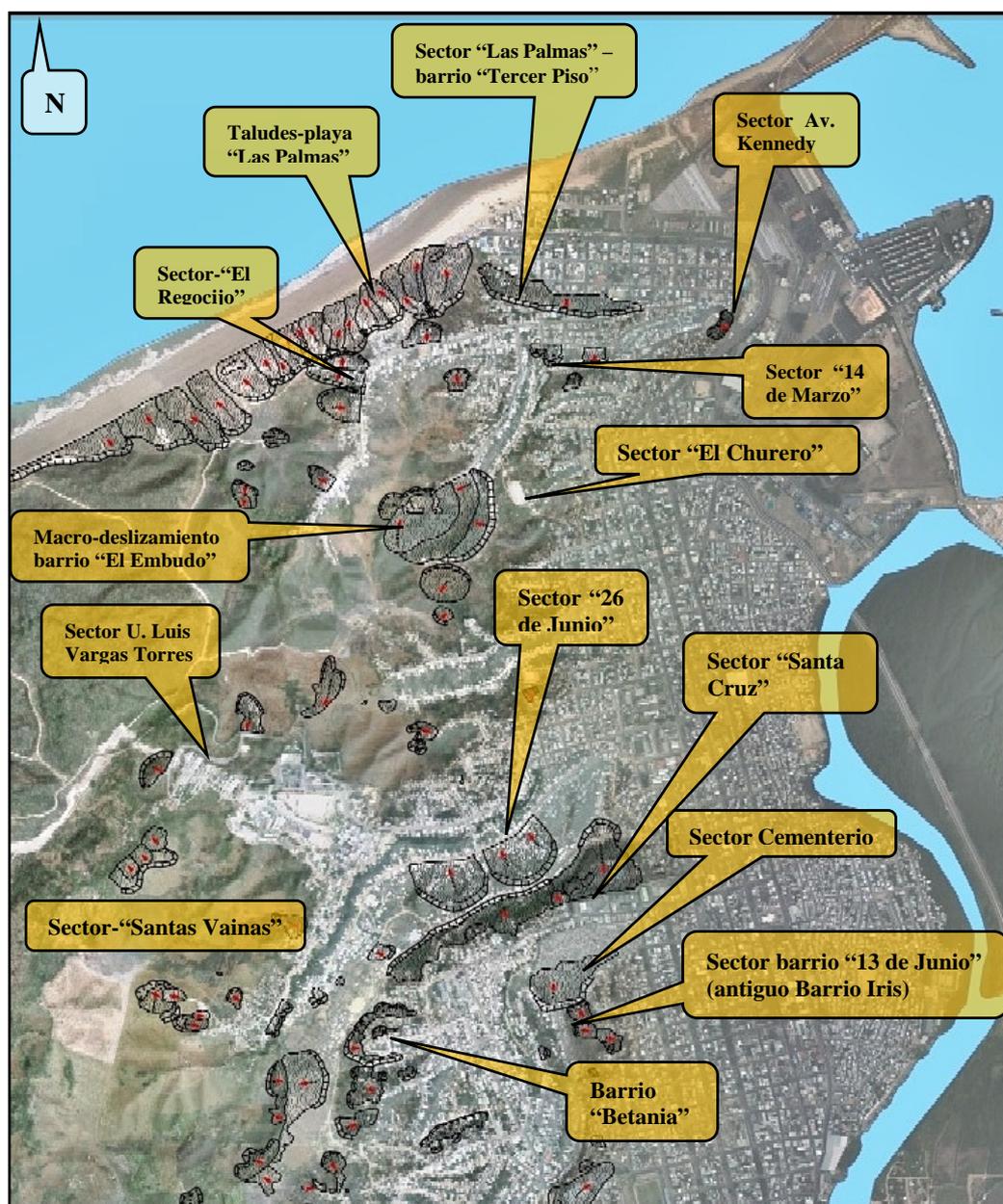
#### **4.2.3. Deslizamientos y flujos de lodo**

Como se indicó en el diagnóstico, el área de influencia de los deslizamientos y deslaves, (flujos de lodo), se circunscribe al sector colinado, al Oeste de la ciudad, incluyendo a las áreas de pie de monte. Las laderas de las colinas, independientemente de su pendiente, son susceptibles a perder sus condiciones de equilibrio, en situaciones de humedad, por las características intrínsecas de las arcillas, que las conforman.

Luego del sismo de abril de 2016, no se produjeron deslizamientos, excepto algún desprendimiento puntual, de escasa importancia, en algún camino vecinal. Evidencias de campo, muestran que en los períodos secos no ocurren deslizamientos, por la compactación de las arcillas. La reptación del suelo y erosión superficial, disminuyen

considerablemente. Esto significa que, en las condiciones de precario equilibrio en las que se encuentran las laderas, por el grado de deforestación, la alteración de sus pendientes, mal uso del suelo, etc., el evento detonante es el agua.

En efecto, datos de prensa del período lluvioso 2016, (Diario “La Hora”, 28 Enero de 2016, entre otros), dan cuenta de destrucción de viviendas por numerosos deslizamientos ocurridos después de largas horas de lluvia, en la ciudad de Esmeraldas, en los barrios asentados en laderas, en especial, en los alrededores del cerro “Gatazo”.

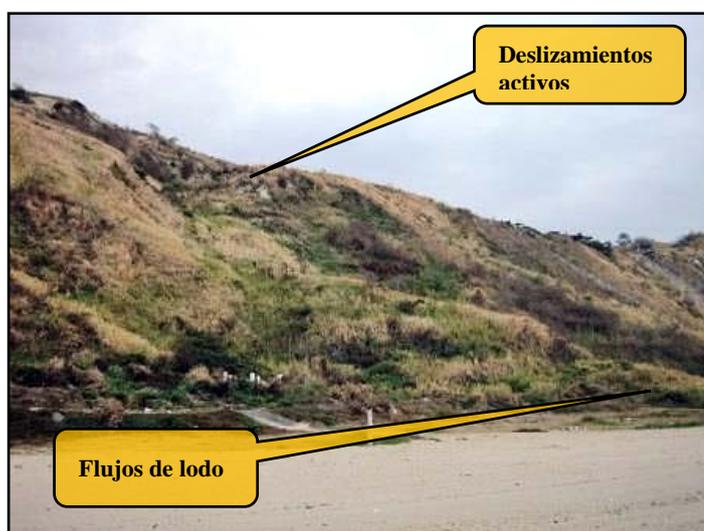


**Figura 115 Deslizamientos activos en la parte Norte de la ciudad de Esmeraldas**

Fuente: El autor, junio, 2017. Fragmento del Mapa de Deslizamientos de Esmeraldas

En este trabajo, se realizó la fotointerpretación del sector colinado, para identificar deslizamientos activos, que afectan a la ciudad, y se elaboró un “Mapa de Deslizamientos de Esmeraldas”, mismo que se presenta en anexos, en escala apropiada. Sin embargo, en este capítulo se muestran fragmentos del mismo, a fin de identificar las zonas donde existen grandes deslizamientos, la mayoría de los cuales no han recibido ningún tratamiento de estabilización. (Figura 115).

En el sector Norte de la ciudad, los deslizamientos más grandes corresponden a los taludes de las colinas que están hacia la playa de “Las Palmas”. (Figura 116). Éstos suelen generar, dependiendo de su grado de saturación, pequeños flujos de lodo que se esparcen al pie del talud, en la zona de playa. Continúan activos hasta la presente.

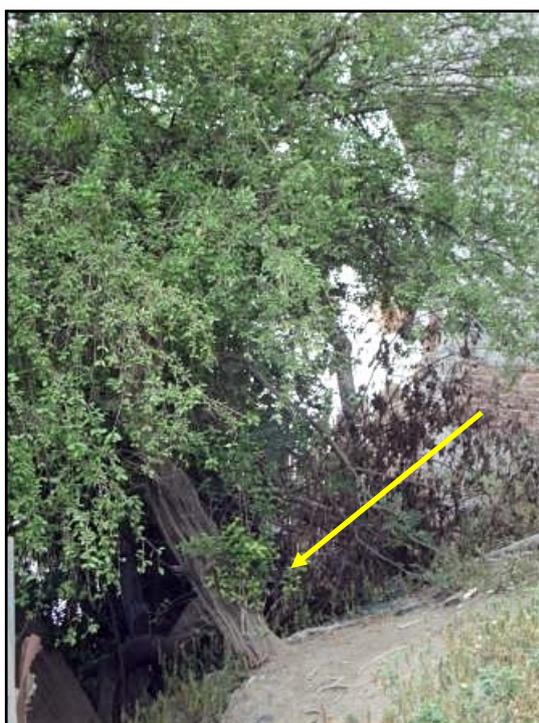


**Figura 116 Taludes inestables en la playa "Las Palmas" (Año 2012)**

Ya se mencionó el problema que enfrentan los barrios “Las Palmas” y “Tercer Piso”, por el conjunto de deslizamientos activos existentes, (detrás y sobre el barrio “Las Palmas”). Estos macro-deslizamientos, a pesar de la cobertura vegetal que los disimula, al momento presentan movimientos de reptación, erosión retrocedente en la corona, y pequeños flujos de lodo, activos en época lluviosa. (Figuras 117 y 118).



**Figura 117 Erosión retrocedente en la corona, año 2012**



**Figura 118 Evidencias de reptación**

En el ingreso a “Las Palmas”, frente al Hospital Naval, sector de los barrios “Coquito Bajo” y “El Panecillo”, un talud en evidente desequilibrio, amenaza a una importante cantidad de viviendas que se alzan sobre la avenida Kennedy. (Figura 119). Se nota la informalidad de las construcciones y el deterioro ambiental (salubridad y paisajístico) en este sector.



**Figura 119 Talud inestable sobre Av. Kennedy**

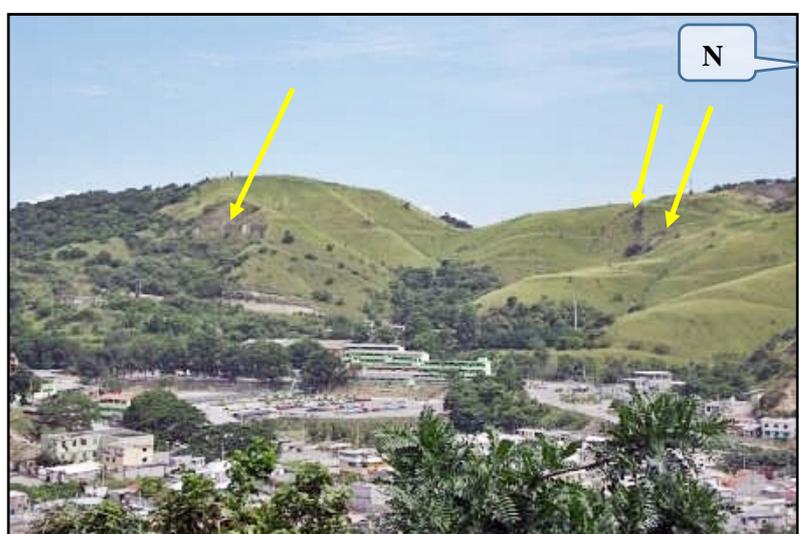
Sobre los barrios “14 de Marzo”, “Regocijo” y “El Embudo” se observa un deslizamiento complejo, activo, que en condiciones de saturación, ha generado importantes flujos de lodo que se han dirigido, principalmente, al barrio “El Embudo”. Sin embargo, actualmente, hay una tendencia de ocupar esta parte alta, y, en el diagnóstico ya se detectaron viviendas, sobre el material removido por este deslizamiento.



**Figura 120 Evidencias de reptación y flujos de lodo – barrio "14 de Marzo"**

Como ocurre en todo el sector de colinas, en los barrios “Regocijo” y “14 de Marzo” existe reptación del suelo, activa en temporada de lluvias. Dependiendo de su grado de saturación en agua, el suelo en movimiento, puede generar flujos de tierra o lodo, que se esparcen al pie de las pendientes. (Figura 120).

Las colinas aledañas a la Universidad “Luis Vargas Torres”, muestran deslizamientos complejos, (rotacionales y planares), en precario equilibrio. Sin embargo, la deforestación y el crecimiento de la ciudad hacia esas zonas, incluyendo el sector de “Santas Vainas”, continua, sin que se tomen las medidas adecuadas para evitar, controlar o mitigar esta amenaza. (Figuras 121 y 122).



**Figura 121 deslizamientos activos sector “U. Luis Vargas Torres”**



**Figura 122 Deslizamientos complejos sector "Santas Vainas"**

Igualmente, las laderas de la “Loma Santa Cruz”, barrios “26 de Junio” y “Santa Cruz”, son inestables. Son evidentes procesos de reptación y flujos de lodo, que afectan a la infraestructura de viviendas y pública. Sin embargo, actualmente es un sector densamente poblado y dotado de la mayoría de servicios básicos, (Figura 123), por lo que se infiere, estará reconocido por el GAD Municipal como un asentamiento urbano totalmente regularizado.



**Figura 123 Barrio “ Santa Cruz”, asentado en laderas inestables**



**Figura 124 Viviendas tipo “rancho” en un deslizamiento activo.  
Barrio “Nuevos Horizontes” – sector Cementerio**

El Cementerio de la ciudad, y el barrio “Nuevos Horizontes”, inmediatamente aledaño a él, igualmente, se ubican en laderas que han experimentado importantes deslizamientos, (fenómeno “El Niño”, 1977) y que, actualmente, se encuentran en precario equilibrio. Sin embargo, a más del Cementerio, existen viviendas tipo “ranchos”, construidas en los escarpes y material deslizado, lo que las hace muy vulnerables. (Figura 124). Ambos sectores presentan, al igual que los otros barrios asentados en laderas inestables, fenómenos de reptación de suelos y erosión por escorrentía superficial.

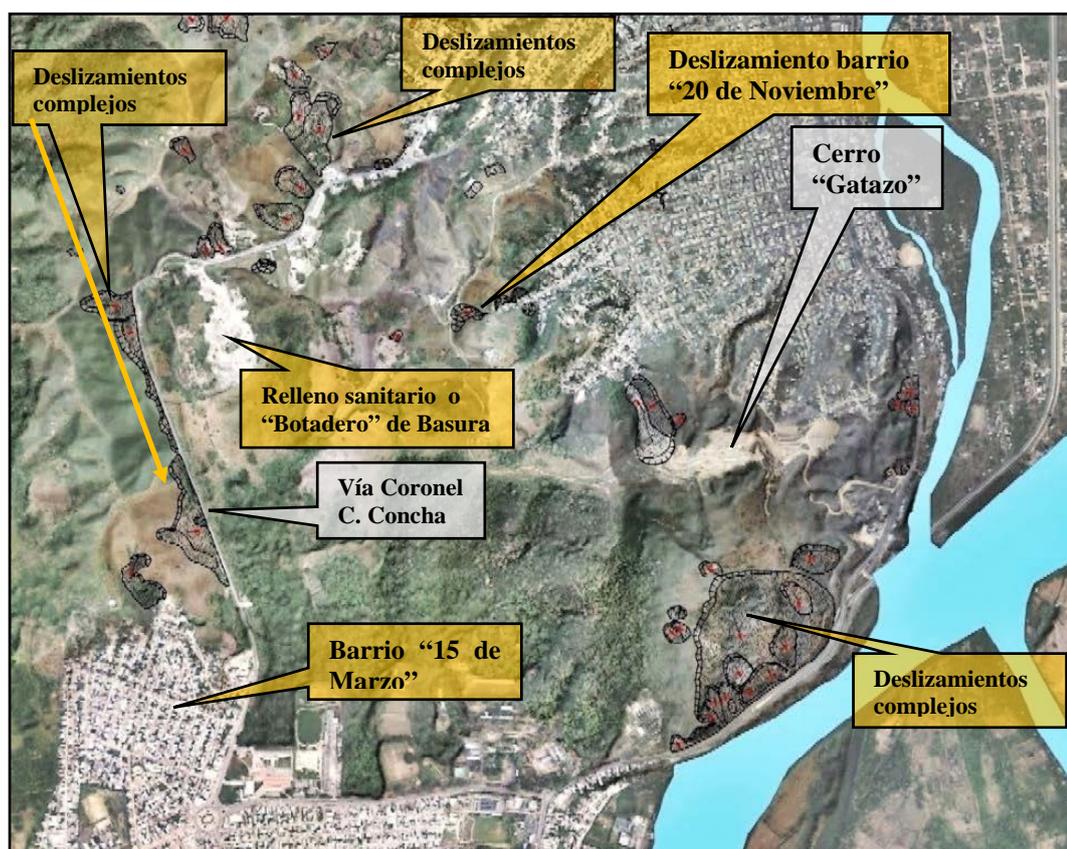
En el antiguo barrio “Iris”, hoy “13 de Junio”, se presentan inestabilidades en las laderas que miran al Este, hacia la zona central de la ciudad de Esmeraldas. Se trata de deslizamientos rotacionales activos, con evidencias de reptación, a pesar de la cobertura vegetal existente. (Figura 125). A pesar de la existencia de escombros, en los alrededores de la corona, de estos deslizamientos, nada se ha hecho para controlarlos.



**Figura 125 Escombros y reptación. Corona deslizamiento barrio “Iris” (actual “13 de Junio”)**

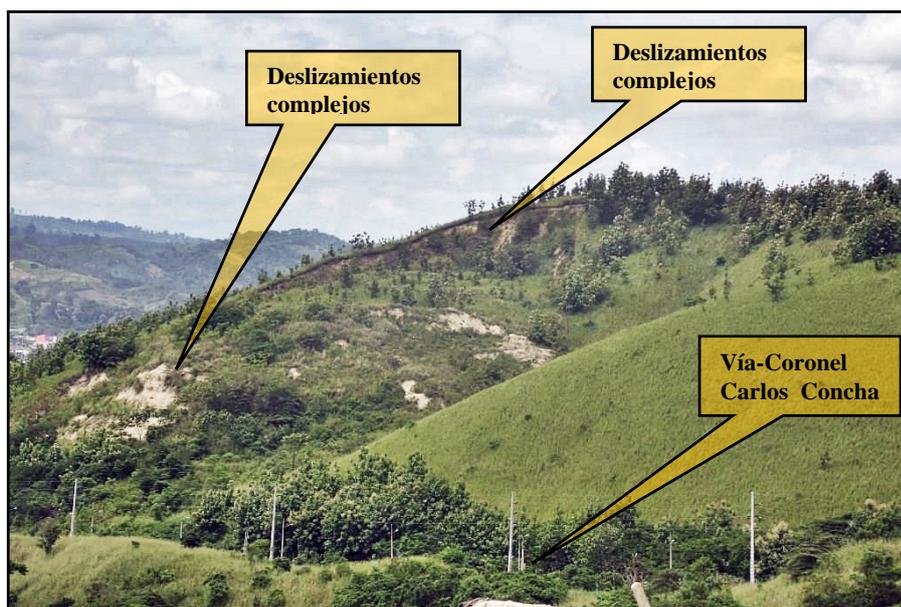
A continuación se muestra la segunda parte del “Mapa de Deslizamientos de Esmeraldas”, (Figura 126), a fin de ubicar los deslizamientos activos más importantes en el Sur de la ciudad. Así, entre el barrio “15 de Marzo” y el relleno sanitario (“botadero” de basura), de la ciudad de Esmeraldas, a lo largo de la vía Coronel Carlos

Concha, que es la alterna para ingresar al centro de la ciudad, se ubica la zona con mayor cantidad de deslizamientos activos. Se trata de un conjunto de deslizamientos complejos, ubicados, de manera preferencial al lado izquierdo de la vía Carlos Concha, en sentido Sur – Norte. (Figura 127).

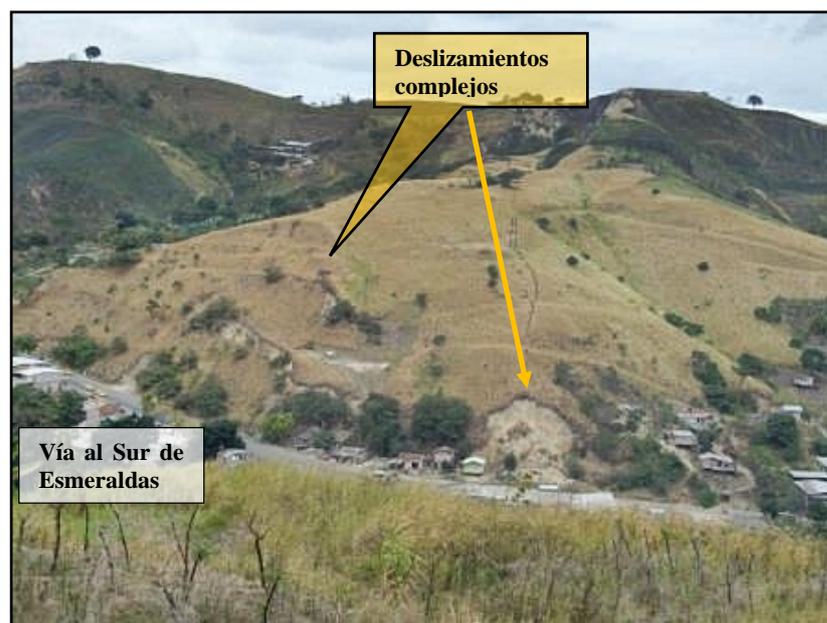


**Figura 126** Fragmento Sur del “Mapa de deslizamientos de Esmeraldas”  
Fuente: El autor, junio, 2017. Fragmento del Mapa de Deslizamientos de Esmeraldas

Entre el relleno sanitario y el ingreso a la ciudad (Barrio “13 de Abril” - Coliseo “Cayapas”) también existen importantes deslizamientos, que, eventualmente, podrían interrumpir la circulación vehicular en este sector. (Figura 128). El mismo barrio “13 de Abril”, presenta inestabilidades que, hasta hoy, no han sido tratadas. Allí, en 1997 ocurrió un deslizamiento planar, que destruyó gran parte de la infraestructura de viviendas, sin llegar a afectar, mayormente, al Coliseo.



**Figura 127** Mega-deslizamientos en la vía Coronel Carlos Concha, vistos hacia el Sur



**Figura 128** Deslizamientos complejos en la vía Coronel Carlos Concha, vistos desde el barrio "13 de Abril"

La zona más susceptible a deslizarse, en esta zona, es la denominada "Gatazo", de la cual, una parte se ha estabilizado técnicamente. Esta área litológicamente está compuesta de arcillolitas y estratos de arenisca fina, lo que la hace permeable y susceptible de saturarse, en profundidad, a partir de cualquier fuente de agua. En estas

condiciones, los estratos arcillosos fluyen plásticamente, y, dependiendo del grado de saturación, incluso generan flujos de lodo. (Figura 129).



**Figura 129 Deslizamiento y flujo de lodo. Barrio "20 de Noviembre"**

En el antiguo ingreso a la zona central de la ciudad de Esmeraldas, se explotaron canteras para material de construcción, lo que derivó con el tiempo, a la generación de deslizamientos complejos. Actualmente se ha construido un nuevo ingreso a la ciudad, para mitigar el riesgo que esta zona implica.

Los deslizamientos son amenazas concatenadas resultado de las lluvias; a su vez, los flujos de lodo y deslaves son amenazas derivadas de los deslizamientos. Entonces, se puede afirmar que son dos las amenazas naturales que afectan a la ciudad de Esmeraldas: lluvias intensas, (incluyendo el fenómeno de “El Niño”), y sismos.

De la primera amenaza, se derivan, concatenada y recurrentemente, inundaciones fluviales, deslizamientos y flujos de lodo. De la segunda, el tsunami, cuya afectación es concurrente a las zonas de inundación fluvial, excepto en el valle del río Teaone.

Los sismos, son también amenazas recurrentes, pero de frecuencia mucho más espaciada en el tiempo, con relación a las lluvias. Sin embargo, por las condiciones de suelos, geomorfológicas y constructivas, la ocurrencia de un terremoto de magnitudes cercanas a 7, en período lluvioso, tendría consecuencias catastróficas. En tales circunstancias, se tendría una situación de desastre complejo, de escala nacional, por la magnitud de los daños.

## CAPÍTULO V

### 5. MEDIDAS PARA EL TRATAMIENTO DEL RIESGO

#### 5.1 Introducción

Las medidas para el tratamiento del riesgo pueden ser de carácter estructural y no estructural, (prevención y mitigación). El tratamiento del riesgo que se propone, se sustenta en el enfoque moderno de Gestión del Riesgo, en contraste con el antiguo esquema fundamentalmente reactivo, del “Ciclo de los Desastres”, en donde al desastre se lo concebía como un suceso inevitable, por lo que había que estar “preparado” para la llegada de éste, mediante acciones ex ante y ex post, y esperar nuevamente la llegada de otro, cerrándose el ciclo.

La Gestión del Riesgo no concibe al riesgo de desastre como un suceso inevitable, sino como un problema no resuelto del desarrollo. Al no ser un enfoque reactivo, la Gestión del Riesgo es, más bien, un conjunto de actividades que obedecen a una planificación gerencial para manejar la incertidumbre relativa a una amenaza, a través de medidas sistemáticas y continuas en el tiempo y transversales a todas las actividades de la sociedad, tendientes a intervenir un territorio para reducir los efectos negativos del riesgo y aceptar las consecuencias de éste, sin que se convierta en desastre.

En consecuencia, la manifestación de un evento negativo, no tiene que necesariamente devenir en desastre, siempre y cuando haya existido un eficiente tratamiento del riesgo. Por ello, y para establecer un marco de referencia, se plantea una hipótesis extrema, acerca de cómo se vería afectada la ciudad de Esmeraldas, ante la ocurrencia de amenazas recurrentes, concurrentes y concatenadas, en temporada turística alta.

En los capítulos precedentes de diagnóstico y análisis de resultados, se determinó que las amenazas más severas que enfrenta la ciudad de Esmeraldas, son las hidro meteorológicas y sus concatenadas y los sismos. Ante ellas, la vulnerabilidad de la población es muy alta y la capacidad de respuesta general, es bastante limitada.

Las hidro-meteorológicas, (lluvias por período lluvioso anual o por el Fenómeno de “El Niño”), generan eventos negativos derivados o concatenados, como inundaciones fluviales, reptación de suelos en relieves colinados, procesos de erosión

activa por escorrentía superficial difusa, y favorecen inestabilidades del terreno, en forma de deslizamientos. Éstos últimos, dependiendo del grado de saturación del suelo, pueden producir flujos de tierra o lodo, (deslaves), aún en pendientes moderadamente bajas, pero fuertemente deforestadas.

Los sismos son eventos recurrentes y concurrentes en toda el área de la ciudad de Esmeraldas. La amenaza sísmica trae consigo efectos cosísmicos o concatenados, como tsunamis, y éstos, a su vez, efectos hidráulicos de “ariete”, de “dique” y erosión por reflujo. Los tsunamis son concurrentes a las áreas sujetas a inundación fluvial por crecidas extraordinarias del río Esmeraldas.

Según las experiencias del sismo de Bahía de Caráquez del 4 de agosto de 1998, y de Pedernales del 16 de abril de 2016, de dominio público, entonces la ocurrencia de un sismo con epicentro cercano a Esmeraldas, durante el período anual de lluvias o fenómeno de “El Niño”, expondría a la ciudad, a más de las afectaciones causadas por las inundaciones fluviales y deslizamientos, (con eventuales flujos de lodo), a fenómenos de licuación de arenas y al embate de olas de tsunami. La destrucción de la infraestructura física de la ciudad sería extraordinariamente alta, especialmente en los sectores aledaños al río Esmeraldas y al mar, considerando que el 80% de las construcciones no son sismo-resistentes, (Diario “El Comercio”, 2016. Edición Digital del 14 de enero). La cifra de heridos, muertos o desaparecidos sería igualmente muy elevada.

Para empeorar la situación, no se descartan incendios por derrame de combustibles y otras sustancias inflamables, contaminación ambiental por mezcla de escombros, basura, aguas servidas y por rotura de los sistemas de alcantarillado. Interrupción del servicio de energía eléctrica, comunicaciones, (radio, televisión, teléfonos fijos y móviles), caída del sistema ECU-911 de Esmeraldas por colapso o severo daño de su infraestructura (edificio, torres y antenas, carencia del recurso humano), y obstrucción parcial o total de la red vial de la ciudad.

En estas circunstancias, sobre todo si el evento telúrico ocurre después de un largo y sostenido período de lluvias y en horas de la noche, sobrevendría un estado de caos, pánico e indefensión general en la población, por concurrencia de eventos concatenados en la ciudad, (deslizamientos, flujos de lodo, sismo y tsunami). Se sobrepasaría la capacidad de respuesta de los sistemas de socorro, salud y seguridad

alimentaria. Entonces la ciudad entraría en crisis, que se extendería a todo el cantón, y probablemente a los cantones aledaños.

A lo anterior, se sumaría la escasez de albergues adecuados para recibir a más del 70% de la población que resultaría afectada, (que se sumaría a la población golpeada por inundaciones y deslaves), e insuficientes recursos para atención inmediata a la población de las parroquias cercanas, igualmente en los aspectos de salud, seguridad alimentaria, techo y abrigo.

Daños u obstrucción de las vías de acceso al cantón, mal tiempo, (lluvias, tormentas eléctricas, ráfagas de viento, nubosidad baja), y destrucción parcial del aeropuerto, impedirían la llegada de ayuda externa a la ciudad. Marejadas y oleajes, y la destrucción parcial del puerto marítimo, serían obstáculos para el ingreso de ayuda por mar, al menos en las primeras horas post evento.

De esta manera el país enfrentaría una situación de desastre muy grave y complejo, que probablemente rebasaría los límites de la economía y recursos nacionales, habida cuenta de que las actividades comerciales, incluyendo la petrolera, quedarían interrumpidas por algún tiempo. La situación social y económica de los esmeraldeños sería también muy grave, pudiéndose experimentar una crisis humanitaria sin precedentes en el Ecuador.

Ante este sombrío pero realista panorama, y a fin de reducir al mínimo la probabilidad de que el riesgo por amenazas naturales recurrentes, concurrentes y concatenadas, llegue a niveles de desastre complejo en la ciudad, se proponen medidas para el tratamiento del riesgo, resultado del análisis y diagnóstico realizado, tendientes a crear mayores condiciones de resiliencia en la ciudad de Esmeraldas.

## **5.2 Medidas propuestas**

- Organismos de respuesta o de atención inmediata:

Política: Fortalecer la capacidad de respuesta

Se propone que los Organismos de atención inmediata y socorro, agrupados en el Sistema Integrado ECU – 911 de Esmeraldas, (Bomberos, Policía Nacional, Cruz Roja), elaboren o actualicen sus Planes de Emergencia de manera particular, según sus especificidades, considerando la probable ocurrencia de un desastre complejo, en donde, el exceso de llamadas o el colapso de antenas y repetidoras más la interrupción

de la energía eléctrica, afectaría sensiblemente su sistema de comunicaciones ya sea radial o telefónico.

Así mismo, la movilización de sus unidades debe responder a una detallada planificación, que trate de abarcar los sectores de alto riesgo en el menor tiempo posible, pero previniendo la posibilidad de eventuales interrupciones, ya sea por tráfico desordenado, daños u obstáculos en las calles, como postes de alumbrado caídos, o escombros de cualquier naturaleza, que impidan la circulación. En estos casos, habrá de preverse vías o accesos alternos.

Cabe mencionar que el sentido de circulación de calles y avenidas podría ser un obstáculo peligroso para la circulación de las unidades en situación de emergencia, porque ciertas vías podrían ser de sentido contrario a la circulación de los vehículos de socorro, mismos que, aunque estén exhibiendo sus luces y sirenas, podrían sufrir accidentes de tránsito.

El colapso de la red de agua potable podría suponer un problema de abastecimiento para el Cuerpo de Bomberos. Por tanto, se propone que esta institución analice esta eventualidad y prevea solventar este problema. Así mismo, dentro de las políticas de esa institución, se debe contemplar, a más de la preparación del talento humano, planes y programas para adquisición de equipos y su mantenimiento, reparación o reposición de ellos. Esto último se podría lograr con programas de autogestión, y desarrollando proyectos de cooperación con organizaciones no gubernamentales internacionales, que suelen apoyar las iniciativas de los organismos de socorro.

El Sistema Integrado de seguridad ECU – 911 de Esmeraldas, ubicado en zona de riesgo de inundación por tsunami, tendría que evacuar a su personal. Aunque el ECU – 911 tiene previsto en su Plan de Emergencia, transferir el control a otra provincia, (Manabí o Pichincha), se propone que incluya en su Plan, la posibilidad de desastre complejo, en donde sus cámaras de vigilancia podrían dejar de operar.

Ante el colapso de los sistemas de comunicaciones y de energía eléctrica, como sucedió luego del sismo de Bahía de Caráquez en el año 1998, el Plan del ECU – 911 debe complementarse con estrategias que permitan superar la posibilidad de incomunicación, más aún, si el control de las operaciones se realizaría desde otra provincia.

**- Representaciones Ministeriales en Esmeraldas y Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Esmeraldas (GADPE):**

Política: Mejorar la comunicación y las relaciones de cooperación inter-institucional

Se propone que la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, a través de su Coordinación Zonal, convoque a los integrantes del Comité de Operaciones de Emergencia, (COE), cantonal, para promover la elaboración de Planes de Emergencia del Cantón: un plan conjunto, propio del COE cantonal, que incluya acciones de respuesta conjunta ante una situación de desastre complejo, con estrategias claras de comunicación, coordinación y cooperación inter-institucional.

Adicionalmente, se propone que cada representación ministerial, por separado, elabore, actualice o complemente su Plan de Emergencia, tomando en cuenta el escenario de desastre complejo, en donde se establezcan claramente las acciones de respuesta y apoyo que demandaría la ciudad de Esmeraldas, en temas de seguridad, salud, salubridad, seguridad alimentaria y provisión de agua, albergues, recursos económicos, entre otros. Se plantea que los planes propios de cada representación ministerial, se socialicen en talleres diseñados para el efecto, al interior del COE cantonal, a fin de establecer las coordinaciones necesarias y afianzar la cooperación inter-institucional, conforme a las posibilidades de cada entidad estatal.

Con respecto al GAD Provincia de Esmeraldas, considerando el hecho de que “los riesgos no dependen de los límites político – administrativos” (Salazar, R, & Urbano F., 2014), se plantea que exista en el Gobierno Provincial una planificación tal, que permita dar seguimiento y continuidad a sus Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial provincial y de los cantones de la provincia. Adicionalmente, se propone que en los GAD cantonales exista un calendario de reuniones y talleres, para discutir el grado de avance y ejecución de sus Planes, y priorizar las políticas relacionadas con la Gestión de Riesgos, Ordenamiento Territorial y la protección a la población en situación de riesgo.

Los fondos necesarios para implementar muchas de las políticas y estrategias que constan en sus planes, podrían provenir de organizaciones internacionales y Organizaciones No Gubernamentales (ONG), mediante convenios de cooperación, y

de las empresas privadas, en especial las relacionadas al comercio, a la industria y palmicultoras.

Política: Reducción de la vulnerabilidad global de la ciudad de Esmeraldas

Se propone que las representaciones ministeriales en Esmeraldas, la Coordinación Zonal de Gestión de Riesgos de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, (SNGR), y la Gobernación de Esmeraldas, implementen políticas para que la Gestión del Riesgo sea, efectivamente, un componente transversal en todos los procesos del Estado, (administrativos, educativos, sociales, políticos). Así, se comenzaría a crear resiliencia ante los riesgos que enfrenta la ciudad.

En ese mismo contexto, se plantea que la Coordinación Zonal de Gestión de Riesgos de la SNGR, conjuntamente con la Gobernación de Esmeraldas, impulsen un plan de elaboración, ejecución y evaluación de planes de contingencia en las instituciones del Estado, con participación de todos los actores, directivos y funcionarios. Así se fortalecería la capacidad de respuesta institucional y se evitarían situaciones de pánico al enfrentar un evento negativo.

De igual manera, se plantea la necesidad de que la representación del Ministerio de Educación en Esmeraldas, conjuntamente con la Coordinación Zonal de Gestión de Riesgos de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, (SNGR), y el GADME, elaboren proyectos de educación en riesgos, aplicables de manera transversal a los programas de educación básica y media, para los estudiantes de la ciudad de Esmeraldas.

Para este fin, se propone la colaboración de estudiantes universitarios de los últimos niveles de las Carreras de Educación del país, bajo la figura de prácticas profesionales o programas de vinculación con la colectividad. Estos proyectos educacionales, de tener el nivel de éxito esperado, se aplicarían, a manera de charlas, a la población de los barrios en situación de riesgo, según un calendario previamente acordado.

- **Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Esmeraldas, (GADME)**

En vista de que el GADME tiene competencia directa en la administración del cantón Esmeraldas, incluyendo el manejo de los riesgos, amenazas y vulnerabilidades en el cantón, existen propuestas específicas para propender al fortalecimiento

institucional de ese Gobierno Cantonal, y de mitigación de riesgos ante las multi – amenazas que enfrenta la ciudad.

Política: Fortalecimiento institucional, mediante la capacitación de su talento humano técnico

Se propone que el Departamento de Riesgos y Cambio Climático del GADME, recopile, sistematice y analice la información sobre riesgos, amenazas y vulnerabilidades de la ciudad de Esmeraldas, generada en años anteriores por Organismos Internacionales y ONG, que trabajaron conjuntamente con ese GAD Municipal, a través de proyectos de cooperación, y las generadas en las universidades del País, a través de Proyectos de Grado, Tesinas y Monografías de cuarto nivel. Esos documentos están disponibles en las bibliotecas y repositorios digitales de las instituciones de educación superior.

Ante la escasez de recursos humanos calificados, se plantea que el mencionado departamento se apoye en los estudiantes universitarios de esa ciudad, los que se encargarían de la recopilación y sistematización de la información existente, bajo la figura de prácticas pre-profesionales o vinculación con la comunidad. Existe la necesidad de que paralelamente a la búsqueda y sistematización de la información, se analice con detenimiento cada documento. De esta manera se fortalecería la capacidad técnica del talento humano de esa dependencia municipal.

Política: Mejoramiento de las capacidades de comunicación y coordinación al interior del GADME

Como complemento a la propuesta anterior, y dada la importancia de la información existente sobre riesgos y planes de contingencia, en Esmeraldas, se plantea la necesidad de que el Departamento de Riesgos y Cambio Climático del GADME, luego del análisis respectivo, haga llegar a los diferentes Departamentos del Gobierno Municipal, un informe ejecutivo en el que se detalle el estado del arte en la temática de riesgos en Esmeraldas, la participación de ese departamento en el levantamiento de la información y presente, en reunión plenaria, los proyectos en ejecución y por ejecutarse, subrayando los objetivos a alcanzar y las estrategias para lograrlo.

De esta manera, las otras dependencias podrán coordinar o complementar estas iniciativas, acorde a las necesidades actuales y medios disponibles, evitándose la duplicidad de acciones o la paralización de planes y proyectos, cuya continuidad es importante para la ciudad:

- Proyecto de reasentamiento de personas que ocupan zonas de riesgo.
- Ejecución de obras civiles para mitigar las inundaciones fluviales
- Plan de limpieza y mantenimiento de canales de evacuación de aguas lluvias y lodo
- Plan para evitar la expansión de asentamientos informales, en sectores expuestos a amenazas.
- Plan para evitar la consolidación de asentamientos de hecho, especialmente en zonas de riesgo
- Proyecto instrumentación de acciones de mejoramiento y regularización dominial en las zonas peri-urbanas de la ciudad
- Plan para impulsar el funcionamiento permanente del sistema cantonal de gestión integral de riesgos.
- Formulación de planes de contingencia institucional
- Formulación del plan de reactivación de líneas vitales (seguridad alimentaria, agua, energía, comunicación y vialidad), en casos de desastres

Política: Aplicabilidad del “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012 – 2022”

El GAD Municipal de Esmeraldas cuenta con su respectivo “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012 – 2022”. En éste expone una planificación cantonal y visión futura, al año 2022, sobre la base del análisis de factores ambientales, socio-culturales, asentamientos humanos, económicos y político-institucionales del cantón. Sin embargo no se conocen los avances en la implementación del mismo.

En consecuencia, se plantea que el GADME, sobre la base una planificación acorde a sus recursos humanos y económicos actuales, realice el seguimiento y actualización respectiva, evaluando la efectividad, aplicabilidad y pertinencia de los planes y metas concebidos hace 5 años, mejorándolo o complementándolo con proyectos tendientes a mitigar la vulnerabilidad creciente de la población, en sus condiciones actuales.

Política: Mejoras al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012 – 2022

Se plantea la necesidad de que el GADME modifique su Plan de Desarrollo, complementándolo con proyectos tendientes a reducir la vulnerabilidad creciente de los habitantes de la ciudad. En este contexto, se propone:

- Que el Plan de Ordenamiento Territorial, (POT), al 2022, incluya estrategias para evitar el crecimiento desordenado de la ciudad, evitar los asentamientos en zonas de riesgo y facilitar la reubicación de familias de limitados recursos económicos que, actualmente están asentadas en zonas de alta exposición.
- Diseñar un proyecto de reforestación y revegetación de laderas y colinas, en los sectores altos de la ciudad, para minimizar el riesgo de deslizamientos y deslaves. Podría incluir la colaboración de estudiantes y fuerzas vivas de Esmeraldas.
- Elaborar un proyecto de Ordenanza Municipal para controlar la alta informalidad en las construcciones de la ciudad. Complementariamente, se propone un elaborar un Proyecto de asesoramiento o acompañamiento gratuito, para personas de escasos recursos, durante la construcción de sus viviendas, con la participación de estudiantes universitarios de Ingeniería Civil o Arquitectura.
- Diseñar un proyecto para la actualización y completitud de la información catastral, especialmente en los sectores peri-urbanos, con la colaboración de estudiantes universitarios y el acompañamiento técnico del GADME.
- Elaborar un Plan de mitigación del riesgo para el sector colinado, que incluya medidas estructurales y no estructurales para reducir la vulnerabilidad ante deslizamientos y deslaves, considerando el diagnóstico realizado.
- Elaborar un proyecto de Ordenanza Municipal que obligue a realizar estudios de suelos, previo a la construcción de cualquier obra civil.
- Elaborar un proyecto de Ordenanza Municipal que prohíba construcciones con “pisos blandos” y exceso de volados, terrazas y balcones, a fin de mantener la uniformidad de la construcción, y hacerla menos vulnerable ante sismos.
- Diseñar un Plan de Supervisión de obras civiles en construcción, para asegurar el fiel cumplimiento de planos y diseños aprobados por la Municipalidad. Podría incluir la colaboración de estudiantes universitarios de las Carreras de Ingeniería y Arquitectura.
- Diseñar un Plan para el reforzamiento de viviendas de construcción artesanal, con la participación de estudiantes universitarios de Carreras afines, y la participación de la comunidad, para reducir el riesgo de colapso o afectación severa ante sismos.

Política: Reducción de la vulnerabilidad creciente y condiciones de riesgo futuro:

Se plantea que el GADME, a través de una Ordenanza, prohíba definitivamente la construcción de edificios públicos, de servicios y urbanizaciones en áreas de riesgo. Para ello se plantea que el Gobierno Municipal, a través de su Departamento de Riesgos y Cambio Climático, con la colaboración de las universidades, bajo la figura de Tesis y Proyectos de Grado, realice:

- Identificación nuevas áreas de seguridad, con fines de Ordenamiento Urbano, para la construcción de edificios públicos y viviendas.
- Programas de monitoreo de los asentamientos ubicados en zona de riesgo, para evitar su expansión y propender a la reubicación de la población que vive en zona de riesgo.
- Estabilización de laderas en los sectores colinados (“Las Palmas”, Guacharaca, Cocoy y otros barrios de Esmeraldas)
- Diseño de viviendas sismo-resistentes
- Diseño de obras civiles portuarias, tendientes a mitigar los daños por tsunami
- Diseño de obras de protección para el malecón de “Las Palmas”
- Diseño o actualización de Planes de Emergencia y Contingencia institucional, parroquial, barrial en Esmeraldas

#### **- Comité de Operaciones de Emergencia, (COE) cantonal**

Política: Crear condiciones de resiliencia en la ciudad de Esmeraldas

El Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado, en su Artículo No.24 indica que el COE cantonal tiene la función de garantizar que las acciones, planes y proyectos de mitigación ante cualquier evento adverso se cumplan, según las prioridades del cantón.

El COE, al estar presidido por el Sr. Alcalde de la ciudad, e integrado por autoridades provinciales y cantonales, representaciones ministeriales, Fuerzas Armadas y Policía, Empresas públicas, Cuerpo de Bomberos y otras entidades de respuesta, es la instancia más adecuada para socializar los proyectos, planes y programas de reducción de riesgos y vulnerabilidades que mantiene el GADME.

En tal virtud, se plantea que el Gobierno Municipal exponga ante el COE cantonal, el estado de avance y aplicación de su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial y sus planes, programas, proyectos y medidas estructurales tendientes a controlar o mitigar los riesgos por amenazas recurrentes, concurrentes y concatenadas, que enfrenta la ciudad de Esmeraldas.

Conociendo que los planes y proyectos del Departamento de Riesgos y Cambio Climático del GADME están retrasados o suspendidos por factores económicos, necesidad de talento humano calificado, entre otros, y siendo indispensables para crear condiciones de resiliencia

en la ciudad, se plantea que, a través de las Mesas Técnicas de Trabajo con las que opera el COE, los planes y proyectos indicados se coordinen e integren a los sectores públicos y privados, para asegurar su continuidad y sostenibilidad en el tiempo.

Se han elaborado Planes de Contingencia y Emergencia para la ciudad de Esmeraldas ante inundaciones fluviales, tsunamis, deslizamientos e incendios, por instituciones como Instituto Oceanográfico de la Armada Nacional, (INOCAR), y el mismo COE Cantonal. Sin embargo muy pocas veces se los ha leído, analizado o ejecutado. Otros, realizados a través de Tesis y Proyectos de titulación, en las Universidades del país, son poco conocidos en el COE cantonal o en las unidades de Gestión de Riesgos de las instituciones estatales con representación en Esmeraldas.

Por lo tanto, se plantea que sea el COE cantonal, quién, a través de las Mesas Técnicas de Trabajo, en coordinación con el Departamento de Riesgos y Cambio Climático del GADME, se encargue y responsabilice de recopilar y analizar esta información y, sobre esta base actualizar sus Planes, aplicarlos y evaluarlos continuamente, según un calendario establecido y coordinado al interior del COE, para mejorar la capacidad de respuesta institucional, poblacional, administrativa y política, e ir construyendo condiciones de resiliencia en la ciudad de Esmeraldas.

Política: Fortalecer la capacidad de respuesta de la población

Aprovechando una de las fortalezas de la sociedad actual, el acceso inmediato a la información a través de las TIC's, (redes sociales, radio y televisión), se propone que sea el COE cantonal, a través de sus Mesas Técnicas de Trabajo, quién se responsabilice de la elaboración y difusión de cortometrajes, “spots” publicitarios y mensajes educativos sobre riesgos y auto protección ciudadana, a ser difundidos a través de la radio, televisión, telefonía celular y redes sociales. Así se iría afianzando una cultura de prevención en la sociedad esmeraldeña y se modificaría la actitud pasiva – reactiva de la población y autoridades.

Política: Elevar la calidad de vida de la población

Aunque el tema de baja calidad de vida de la población está fuera del ámbito de este trabajo, se propone que sea el COE cantonal, quien asuma la tarea de mejorar la calidad de vida y elevar el poder adquisitivo de la población peri-urbana de la ciudad, mediante la creación de oportunidades o “nichos” de trabajo, a través de la implementación de talleres comunitarios para elaboración y venta de artesanías, alimentos típicos, difusión del folklor y cultura esmeraldeña, entre otros emprendimientos orientados al sector turístico, que actualmente ha tomado impulso en la ciudad. De esta manera, la población, al mejorar su capacidad

adquisitiva, estará elevando también su capacidad de respuesta, económicamente hablando, ante las adversidades de su entorno, contribuyendo así, a la construcción de una sociedad resiliente ante los riesgos, que tanta falta hace en el país.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- a) La ciudad de Esmeraldas no se encuentra preparada para enfrentar riesgos de desastres derivados de amenazas recurrentes, concurrentes y concatenadas.
- b) En la ciudad de Esmeraldas están presentes las condiciones necesarias para que la manifestación de amenazas naturales recurrentes, concatenadas y concurrentes generen un desastre de magnitud.
- c) Las amenazas más severas que enfrenta la ciudad de Esmeraldas, son:
  - Sismos y sus efectos concurrentes y concatenados (licuación de arenas, tsunamis).
  - Hidrometeorológicas / océano - atmosféricas y sus efectos recurrentes y concatenados (inundaciones, deslizamientos, flujos de lodo y reptación del suelo).
- d) El factor detonante de las inestabilidades del terreno, (reptación, deslizamientos), en Esmeraldas, es la saturación del suelo con aguas meteóricas, de riego o servidas, en zonas con relieves colinados, altamente deforestados.
- e) Existe debilidad institucional, evidenciada por discrepancias, descoordinación administrativa y operativa al interior de las instituciones del Estado con representación en Esmeraldas, entre éstas y el GAD Municipal y dentro de éste mismo.
- f) Subsiste el crecimiento acelerado y desordenado de la ciudad, bajo el esquema histórico de la apropiación ilegal de tierras. En estas circunstancias, es difícil mantener registros catastrales completos y actualizados, dotar de servicios esenciales a estos sectores, y aplicar acciones destinadas a mitigar el riesgo de desastres.

## 6.2 Recomendaciones

1. El Gobierno Cantonal de Esmeraldas debe analizar las medidas para el tratamiento del riesgo en la ciudad, propuestas en esta investigación, a fin de mejorar su capacidad de respuesta ante las amenazas consideradas.
2. Previo al otorgamiento de permisos de construcción de obras civiles, el GAD Municipal debe exigir, entre la documentación pertinente, diseños sismo-resistentes, estudios de suelo, supervisión técnica, el empleo de materiales de buena calidad y el no uso de la arena de playa.
3. El Gobierno municipal, a través de la unidad administrativa correspondiente, debe verificar que durante la construcción de una obra física, se cumpla fielmente con el diseño y especificaciones presentadas en la documentación, objeto de aprobación.
4. El Cuerpo de Bomberos de Esmeraldas, debe exigir y controlar que exista, en las instituciones públicas y privadas, Planes de Emergencia o Contingencia, según el caso, debidamente estructurados, actualizados y evaluados, acorde a las particularidades de cada institución y a los riesgos identificados por ellas.
5. El COE cantonal, a través de la instancia correspondiente, debe vigilar y controlar la expansión urbana desordenada y propender la reforestación del sector colinado de la ciudad.

## Bibliografía

- Arreaga, P. (2004). *Análisis de riesgo por tsunami en la ciudad de Esmeraldas. Plan de Contingencia Frente a Tsunamis*. Guayaquil: Tesis de Grado ESPOL.
- Arroyo, M., J. (2015). *Estudio de susceptibilidad por fenómenos de geodinámica*. Quito: Tesis de Grado, Univ. Central del Ecuador.
- Barillas, M. (2008). *Guía Metodológica Para La Evaluación de Zonas Susceptibles a deslizamientos disparados por lluvias*. Servicios Geológicos Profesionales. Guatemala.
- Barriga López, F. (2015). *Historia de los desastres naturales en el Ecuador*. (I. g. IGM, Ed.) Quito, Ecuador: Academia Nacional de Historia\_IPGH\_IGM.
- Bristow, C.R., y Hoffstetter, R. (1977). *Lexique Stratigraphique International* (Vol. V). París: Centre National de la Recherche Scientifique.
- Cardona O.D. (2003). *La noción de riesgo desde la perspectiva de los desastres*. Manizales: Banco Interamericano de Desarrollo, BID - Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales. Obtenido de:  
<http://idea.unalmz.edu.co/documentos/01%20Marco%20Conceptual%20BID-IDEA%20Fase%20I.pdf>
- Cardona, O. D. (Junio de 2001). *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2016, de: [http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr\\_may-08-2003.pdf](http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr_may-08-2003.pdf)
- Charpentier, A., Tuso, L., Cruz, M. (2013) *Propuesta de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) para la ciudad de Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, Ecuador, mediante un modelo espacial*. Tesis de pre-Grado. Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.
- Chunga, K., et al. (2017). *Estimación del riesgo sísmico en Esmeraldas, Ecuador*. En prensa.
- Chunga, K., Martillo, C., Pazmiño, N. et al. (2013). *Estimación de máximos niveles de sismicidad para el Litoral Ecuatoriano a través de la integración de datos geológicos y sismotectónicos*. Revista Científica y Tecnológica UPSE, 73-86.

- Comunidad Andina, d. (2009). *Estrategia andina para la prevención y atención de desastres*. Decisión número 713 del Consejo Andino de Ministros de Relaciones Exteriores. Recuperado el 4 de enero de 2017, de: [www.comunidadandina.org/upload/201608261303EstrategiaAndina.pdf](http://www.comunidadandina.org/upload/201608261303EstrategiaAndina.pdf)
- Constitución Política de la R. Ecuador. (2008). *Constitución Política de la Republica del Ecuador* Asamblea Constituyente. Sección Novena. Gestión del riesgo. Artículo 389. Recuperado el 11 de diciembre de: 2016, de: [www.Asamblea nacional.gob.ec/sites/default/files/.../old/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.Asamblea nacional.gob.ec/sites/default/files/.../old/constitucion_de_bolsillo.pdf)
- Contreras, M. (2014). *Riesgo de Tsunami en Ecuador*. Revista *INGENIUS*, 67-75. Universidad Politécnica Salesiana, Ed. Quito.
- Cruz, M. y Vásquez, N. (1997). *Mapa de amenazas por tsunami en la ciudad de Esmeraldas*. Dirección de Defensa Civil – ESPE. Quito. No publicado.
- Cruz, M. y Vásquez, N. (2010). *Elaboración de 33 Cartas – Croquis de Amenazas por Tsunami y Análisis de Riesgos en la Costa Ecuatoriana, utilizando indicadores geomorfológicos y socio ambientales*. (A. Tierra, Ed.) Revista Geoespacial N°7, 1-20. Universidad ESPE, Sangolquí.
- Cruz, M., Acosta, C., Vásquez, N. (2005). *Riesgos por tsunami en la Costa Ecuatoriana*. (A. Tierra, Ed.) Revista Geoespacial N°2, 19-32. Universidad ESPE, Sangolquí.
- Daya, J.S, Watts, et.al. (2005). *Mechanical models of the 1975 Kalapana, Hawaii*. Revista Marine Geology 215, 59–92. USA.
- D'Ercole, R. y Trujillo, M., Demoraes, F. (2003). *Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador*. Cooperazione Internazionale (COOPI), IRD-OXFAM). Quito. Obtenido el 21 de junio de 2017, de: [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers11-03/010032419.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-03/010032419.pdf)
- Diario El Telegrafo. (2016). Edición digital, 17 de abril de 2016.
- Diario La Hora Nacional. (2016). *10 normas de construcción regulan nuevas edificaciones*. Edición digital del 09 de mayo de 2016, en Noticias Esmeraldas.
- Diario El Comercio. (2016). *Los sismos frecuentes inquietan a Esmeraldas*. Edición digital del 14 de enero de 2016. Recuprado de: <http://www.elcomercio.com/actualidad/sismos-esmeraldas-temblores-danos-viviendas.html>

- Diario El Comercio. (2016). *Arq. Fernando Almeida* en Diario “El Comercio, 23 de abril de 2016, Edición digital. Recuperado el 5 de Agosto de 2016, de: <http://especiales.elcomercio.com/2016/07/manabi/>
- Diccionario RAE (2010). *Concepto de resiliencia*. Real Academia de la Lengua Española-RAE. Recuperado el 15 de Abril de 2017 de: <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=resiliencia>
- Egred, J. (s.f.). citado en: *A 105 años del terremoto y tsunami de Esmeraldas ¿Está el Ecuador preparado para un evento similar?* Instituto Geofísico – EPN, Obtenido de: <http://www.igepn.edu.ec/servicios/sismologia>
- EIRD (2004). *Términos principales relativos a la reducción del riesgo de desastres*. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres en las Américas-EIRD. Recuperado el 12 de Abril de 2017, de: <http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>
- Elorza, M. G. (2008). *Geomorfología*. Madrid, España: Prentice Hall.
- Escobar, G. D. (2000). *Riesgo en la zona andina tropical por laderas inestables. Manizales, Colombia*. Obtenido de: <http://books.duhnnae.com/2017/mar/148940728839-Duque-Escobar-Gonzalo---Riesgo-en-la-zona-andina-tropical-por-laderas-inestables--Riesgo-Suelos-ZAT.php?lang=en>
- Estacio, J., Narváez, N., Yépez, F. et. al. (2013). *Análisis de Vulnerabilidades a nivel Municipal. Perfil Territorial del Cantón Esmeraldas*. Universidad técnica del Norte- PNUD-SNGR. Ibarra.
- Estupiñán T., Betto. (2013). *Políticas locales de cambio climático en el Cantón Esmeraldas 2013-2014*. Tesis de Grado, Instituto de Altos Estudios Nacionales, IAEN. Quito.
- Espinoza, J. (1992). *Impactos de fenómenos oceánicos*. Acta Oceanográfica, INOCAR. Recuperado el 4 de diciembre de 2016, de: <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Enero2006/CD-1/pdf/spa/doc9219/doc9219-contenido.pdf>
- Espinoza, J. (1992). *Terremotos tsunamigénicos en el Ecuador*. Acta Oceanográfica del Pacífico Ecuador 7. Recuperado el 18 de diciembre de 2016, de: <http://www.oceandocs.org/handle/1834/2181>

- FEMA. (2005). *Tsunami Hazards: Coastal Flood Hazard Analysis And Mapping Guidelines*. (P. C. Shyamal Chowdhury, Ed.) USA.
- Florent Demoraes, Robert D'Ercole. (2011). *Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en Ecuador*. IRD Francia. Recuperado el 19 de diciembre de 2016, de: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01292338>
- GAD Cantón Esmeraldas. (2012). *Estrategia de Gestión de Riesgos y Desastres para el Cantón Esmeraldas*. Esmeraldas, Ecuador. Obtenido el 21 de junio de 2017, de: [http://www.eird.org/wikies/images/EstrategiaGdR\\_cant%C3%B3n\\_Esmeraldas2\\_OXFAM.pdf](http://www.eird.org/wikies/images/EstrategiaGdR_cant%C3%B3n_Esmeraldas2_OXFAM.pdf)
- GAD Provincial de Esmeraldas. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la provincia de Esmeraldas 2015 – 2025*. Esmeraldas: GADPE - Prefectura de Esmeraldas. Obtenido el 21 de junio de 2017, de: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplus\\_documento\\_final/0860000160001\\_PDOT%20ACTUALIZACION%202015\\_18-08-2015\\_12-32-18.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplus_documento_final/0860000160001_PDOT%20ACTUALIZACION%202015_18-08-2015_12-32-18.pdf)
- García-Tornel, F. C. (1997). *Algunas cuestiones sobre geografía de los riesgos*. (U. d. Barcelona, Ed.) Revista Scripta Nova (10). Barcelona, España.
- Ghobaraha, A., Saatcioglu, M. et al. (2006). *The impact of the 26 December 2004 earthquake and tsunami on structures and infrastructure*. Engineering Structures, 28(28), 312-326.
- Giráldez, J. V. (2014). *Manual de Técnicas de Estabilización Biotécnica en Taludes de Infraestructuras de Obra Civil*. (U. d.-A. Andalucía, Ed.), Andalucía, España.
- Gobierno de los Estados Unidos. (2017). *El Sistema de Posicionamiento Global (GPS)*. Recuperado el 21 de 05 de 2017, de: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/>
- Gonzales, A. (2015). *Historia universal Religion Azteca y Dioses*. Recuperado el 15 de mayo de 2017, de: <http://www.historiacultural.com/2015/09/religion-azteca-y-dioses.html>
- Granados, D. (2010). *Ubicación de un sistema de señalización frente a la amenaza de tsunamis para las playas de la provincia de Esmeraldas*. Monografía de Grado. Instituto de Altos estudios Nacionales, IAEN, Quito.

- Gutiérrez, C., Cruz, M. (2007). *Línea base ambiental para la construcción de nuevos tanques de GLP en las instalaciones de la Refinería Estatal de Petróleo de Esmeraldas. Componente físico*. Empresa CINGE. Quito. Informe no publicado.
- Herzer H, y R. Yurevich. (1996). *Degradación y Desastres: Parecidos y Diferentes: Tres Casos para Pensar y Algunas Dudas para Plantear*. En, *Ciudades en Riesgo: Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres* (págs. 2-17). M. F. (Compiladora). LA RED-USAID.
- INEC. (2010). *Instituto de estadísticas y censos*. Recuperado el 16 de Junio de 2016, de: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- INOCAR\_Dpto. Ciencias del Mar. (2010). *Mapa de inundación y evacuación por tsunami, en la ciudad de Esmeraldas*. Centro de Alerta de Tsunamis. Guayaquil. Recuperado el 3 de noviembre de 2016, de: <http://www.preventionweb.net/english/professional/maps/v.php?id=34290>
- INOCAR. (2016). *Informe técnico de tsunami 16-abril-2016*. Recuperado el 5 de mayo de 2017, de: <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/institucion/resena-historica/36-informes-tecnicos/589-informe-tecnico-de-tsunami-16-abril-2016>
- Instituto Geofísico EPN. (2011). *A 105 años del terremoto y tsunami de Esmeraldas, ¿Está el Ecuador preparado pra un evento similar?* Recuperado el 06 de Diciembre de 2016, de: IG-Instituto Geofísico: <http://www.igepn.edu.ec/>
- Instituto Geofísico EPN. (2016). *Terremoto 16 de Abril de 2016 (28)*. Recuperado el 7 de junio de 2017, de: <http://www.igepn.edu.ec/eq20160416-informes-noticias?start=10>
- Kelsen, H. (2000). *Una visión Moderna de la teoría pura del Derecho*. Santiago Chile: Ediciones jurídicas La Ley. Recuperado el 5 de enero de 2017, de: <http://dspace.ortalca.cl/retrieve/16939/27488.pdf>
- Lavell, A. (2003). *La Gestión Local Del Riesgo*. Recuperado el 07 de mayo de 2017, de: [www.disaster-info.net/lideres/portugues/brasil%2006/.../AllangesTriesg.pdf](http://www.disaster-info.net/lideres/portugues/brasil%2006/.../AllangesTriesg.pdf)
- Ley de Seguridad Pública y del Estado. (2009). *Ley de Seguridad Pública y del Estado*. (Asamblea\_Nacional, Ed.) Recuperado el 19 de diciembre de 2016, de: Ley de

- Seguridad Pública y del Estado: [www.asambleanacional.gov.ec/.../Ley-de-Seguridad-Publica-y-del%20Estado.pdf](http://www.asambleanacional.gov.ec/.../Ley-de-Seguridad-Publica-y-del%20Estado.pdf)
- Li, Z.; Zhu, Q.; Gold, C. (2005). *Digital terrain modeling: principles and methodology*. Boca Ratón: CRC Press. USA.
- Manchuel K., Pontoise Bernard, Béthoux N., Régnier Marc, et.al. (2009). *Sismicidad e implicaciones estructurales en el área de Esmeraldas (Norte de Ecuador)*. (I. Francia, Editor) Recuperado el 20 de diciembre de 2016, de: Publicaciones del IRD: <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010051358>
- Mapa Geológico D.G.G.M. (1976). *Mapa Geológico de Esmeraldas*. Quito: Dirección General de Geología y Minas.
- Maturana J., e. a. (2004). *Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, oscilación del Sur*. Comité Oceanográfico Nacional, 13-27.
- Mejía, M. E. (2015). *Influencia de la pérdida de cobertura vegetal en la vulnerabilidad y riesgos en el cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas*. Tesis de Grado. Universidad Técnica del Norte. Ibarra.
- Montaño, J. (2011). *Propuesta de manejo del suelo para la mitigación de deslizamientos en el sector de San Jorge*. Monografía de Grado IAEN, Quito. Recuperado el 20 de diciembre de 2016, de: <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/2601>
- Moreno, J. M. (2001). *Proceso Analítico Jerárquico. Fundamentos, metodología y aplicaciones*. España: Universidad de Zaragoza. Obtenido de: [http://www.uv.es/asepuma/recta/extraordinarios/Vol\\_01/02t.pdf](http://www.uv.es/asepuma/recta/extraordinarios/Vol_01/02t.pdf)
- Narváez, L., Lavell, A. y Pérez Ortega, G. (2009). *La Gestión del Riesgo de Desastres. Un enfoque basado en procesos*. Comunidad Andina. Primera Edición. Lima- Perú.
- Narváez, N., Bermeo, R., Yépez, F., et.al. (2013). *Proyecto Análisis de vulnerabilidades a nivel municipal, perfil territorial del Cantón Esmeraldas*. (UTN-PNUD-SNGR, Ed.) Recuperado el 2 de enero de 2017, de: <http://dspace.cedia.org.ec/bitstream/123456789/844/1/Perfil%20territorial%20ESMERALDAS.pdf>
- NEC-15. (2015). *Norma ecuatoriana de la Construcción NEC*. Quito: MIDUVI-Cámara Construcción de Quito. Recuperado el 5 de enero de 2017, de:

<http://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

- Nocquet, J. y Cisneros, D. (2010). *Campo De Velocidades del Ecuador obtenido a través de mediciones de campañas*. Recuperado el 21 de diciembre de 2016, de [www.geoportaligm.gob.ec/wordpress/?wpfb\\_dl=65](http://www.geoportaligm.gob.ec/wordpress/?wpfb_dl=65)
- Nocquet, J., Mothes, P. y Alvarado, A. (s.f.). *Geodésia, geodinámica y ciclo sísmico en Ecuador*. (U. d.–S. Antipolis, Ed.) Recuperado el 20 de diciembre de 2016, de: [renag.unice.fr/regal/PERSO/JMN/publis/geodesia\\_ecuador\\_texto\\_y\\_figuras.pdf](http://renag.unice.fr/regal/PERSO/JMN/publis/geodesia_ecuador_texto_y_figuras.pdf)
- Novoa, J. M. (2009). *Las tumbas reales del Perú* [Película]. España: Revista Historia - National Geographic, ejemplar de mayo de 2009.
- Ortega, G. (2014). *Diseño de un Plan de Gestión de Riesgos y Desastres ante eventos de deslizamientos, sismos e incendios para la Pontificia Universidad católica del Ecuador, sede esmeraldas*". Esmeraldas: Universidad Católica sede Esmeraldas. Recuperado el 29 de diciembre de 2016, de: <http://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/207>
- Ortiz, P. (2013). *Sismotectónica y peligrosidad sísmica en Ecuador*. Tesis de Máster. Universidad Complutense de Madrid. 46 pp. Madrid.
- Ortíz, M., Estupiñán, B., et. al. (2012). *Mapa de zonas susceptibles a deslizamientos de la ciudad de Esmeraldas*. Gobierno Autónomo descentralizado del cantón Esmeraldas. Quito: OXFAM\_ Comisión Europea. Recuperado el 10 de enero de 2017, de: [http://www.eird.org/wikies/images/EstrategiaGdR\\_cant%C3%B3n\\_Esmeraldas2\\_OXFAM.pdf](http://www.eird.org/wikies/images/EstrategiaGdR_cant%C3%B3n_Esmeraldas2_OXFAM.pdf)
- OXFAM. (2012). *Estudio de Mitigación de Riesgos de desastres socio-naturales en zonas vulnerables de la ciudad de Esmeraldas*. Esmeraldas: OXFAM - Unidad Gestión de Riesgos y Cambio Climático del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Esmeraldas. Esmeraldas.
- OXFAM, Ortíz, M., Estupiñán, B., et. al. (2012). *Estrategia de Gestión de Riesgos y Desastres*. Comisión Europea. Obtenido el 15 de mayo de 2017, de: [http://www.eird.org/wikies/images/EstrategiaGdR\\_cant%C3%B3n\\_Esmeraldas2\\_OXFAM.pdf](http://www.eird.org/wikies/images/EstrategiaGdR_cant%C3%B3n_Esmeraldas2_OXFAM.pdf)

- PARLATINO. (2013). *Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres*. Recuperado el 19 de diciembre de 2016, de: <http://www.eird.org/americas/noticias/parlatino-aprueba-protocolo-de-gestion-del-riesgo-de-desastres-en-america-latina-y-el-caribe.html#.WHG8mlPhDcs>
- Parra, H.. (2016). *Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la peligrosidad sísmica en el Ecuador continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito*. Tesis Doctoral, Madrid. Recuperado el 25 de noviembre de 2016, de: <http://oa.upm.es/39353/>
- Páez, D., Zabala, J., et. al. (2017). *Piso blando, una falla común en el terremoto de Pedernales*. Revista CIENCIA Vol.19, 1, 59-75 (2017). Recuperado de: [https://ia601903.us.archive.org/15/items/Articulo3\\_201701/Articulo%203.pdf](https://ia601903.us.archive.org/15/items/Articulo3_201701/Articulo%203.pdf)
- PDOT, GAD Municipal de Esmeraldas. (2012). *Plan de Ordenamiento Territorial, 2012 - 2022*. GAD Esmeraldas. Recuperado el 3 de mayo de 2017, de: <https://www.municipioesmeraldas.gob.ec/lotaip/2013/PDyOT-FINAL.pdf>
- Plan Nacional del Buen Vivir. (2014). *Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*. (SENPLADES, Ed.) Recuperado el 30 de diciembre de 2016, de: <http://www.buenvivir.gob.ec/>
- Pérez, P.E. (2015). *Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para evaluar la vulnerabilidad frente a fenómenos de deslizamiento de masa y amenaza de tsunami para el Terminal Marítimo de Balao*. Quito: USFQ. Recuperado el 30 de noviembre de 2016, de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4799>
- Pérez Porto, J., y Gardey, A. (2013). *Definición de resiliencia*. Word Press. Recuperado el 30 de mayo de 2017, de: <https://definicion.de/resiliencia/>
- Peñaherrera, R. (2014). *Curso de Especialización en Riesgos de Desastres. Notas de clase*. Universidad Andina Simón Bolívar-UASB. Quito. No publicado.
- Perrin, J. L., et. al. (1998). *Deslizamientos de tierra, inundaciones y flujos de lodo en Esmeraldas*. Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo, en Cooperación ORSTOM. Quito.
- Petrovski, I. (2014). *GPS GLONASS, GALILEO and BEIDOU for Mobile Devices*. United Kingdom: Cambridge University Press.

- Quiñonez, F. y Rivera, H. (2011). *Análisis de causas y efectos sociales de los deslizamientos de tierra en la Parroquia Simón Plata del Cantón Esmeraldas en los últimos 10 años*. Quito: IAEN. Recuperado el 3 de enero de 2017, de: <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/2617>
- Reglamento Ley de Seguridad Pública y del Estado. (2014). (Asamblea Nacional, Ed.) Recuperado el 30 de diciembre de 2016, de: [http://www.seguridad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/reglamento\\_a\\_la\\_ley\\_de\\_seguridad\\_publica\\_y\\_del\\_estado.pdf](http://www.seguridad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/reglamento_a_la_ley_de_seguridad_publica_y_del_estado.pdf)
- Romero, X. (2003). *Quito en los ojos de los viajeros*. Colección Terra Incógnita N° 28: ABYA-YALA Quito- Ecuador.
- Salazar, Rodolfo, & Urbano Fra. (2014). *Análisis del riesgo multi-amenza en el ordenamiento territorial de una cuenca hidrográfica* (Revista Geoespacial, vol. 11 ed.). (A. Tierra, Ed.) Quito: Universidad ESPE.
- Sanclemente, E., Loualalen, M. y Navarrete E. (Febrero de 2011). *Estimación de los parámetros de ruptura del terremoto de Esmeraldas del 12 de Diciembre de 1979, a partir de datos hidrográficos y simulación numérica de propagación de tsunamis*. Recuperado el 5 de enero de 2017, de: [https://www.researchgate.net/publication/50206938\\_Estimacion\\_de\\_los\\_parametros\\_de\\_ruptura\\_del\\_terremoto\\_de\\_Esmeraldas\\_del\\_12\\_de\\_Diciembre\\_de\\_1979\\_a\\_partir\\_de\\_datos\\_hidrograficos\\_y\\_simulacion\\_numerica\\_de\\_propagacion\\_de\\_tsunamis](https://www.researchgate.net/publication/50206938_Estimacion_de_los_parametros_de_ruptura_del_terremoto_de_Esmeraldas_del_12_de_Diciembre_de_1979_a_partir_de_datos_hidrograficos_y_simulacion_numerica_de_propagacion_de_tsunamis)
- Sanhueza, C. y Villavicencio. (2012). *Influencia de la cohesión aparente generada por raíces sobre la estabilidad de un talud natural en las dunas de Reñaca*. (P. U. Chile, Ed.) Revista de la Construcción, 11(01). Chile.
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2011). *Informe de Gestión, período 2011*, p. 61. Quito
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2016). Recuperado el 4 de Septiembre de 2016, de: <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/PEI-2014-2017.pdf>
- Silva, P. (2007). *Aanalisis morfológico y estructural del cañon submarino del rio Esmeraldas a partir de datos de geofísica marina*. Tesis de pre-grado. Escuela plitécnica nacional. Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle>

/15000/291

- Strahler, A. H. (2008). *Visualizing physical geography*. (N. G. (U.S.), Ed.) U.S.A.: John Wiley & Sons,.
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. (I. d. Ltda., Ed.) Bucaramanga, Colombia: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- Suárez, J. (2013). *Deslizamientos, análisis geotécnico*. Bucaramanga, Colombia. Obtenido de: <http://www.erosion.com.co>
- Tarbutck, E.J. & Lutgens, F.K. (2005). *Geología Física* (8° ed.). Madrid, España: Pearson Prentice Hall.
- Toro, M. (2016). *El COE declara en estado de alerta al cerro El Gatazo*. Esmeraldas News, edición digital del 04 de marzo de 2016. Recuperado el 18 de junio de 2017, de: <http://www.esmeraldasnews.com/actualidad/item/448-el-coe-declara-en-esta-de-alerta-al-cerro-el-gatazo>
- Toulkeridis, T., Padilla O., Rodríguez, F., et. al. (2014). *Amenazas de origen natural* (T. Toulkeridis, Ed. Vol 1) Sangolquí: ESPE. Recuperado el 20 de diciembre de 2016, de: [geo1.espe.edu.ec/wp-content/uploads/wordpress/Amenazas-de-origen-natural.pdf](http://geo1.espe.edu.ec/wp-content/uploads/wordpress/Amenazas-de-origen-natural.pdf)
- Tricart, J. (1969). *La epidermis de la Tierra*. Barcelona: Labor.
- Universidad de Tromso, Noruega. (2009). *webGeology* Flashed teaching resources in geology. Obtenido de: <http://webgeology.alfaweb.no/>
- University of Southern California. (2010). *Tsunami Inundation Mapping for the state of California*. (T. R. Center, Ed.) San Francisco, CA.
- USGS. (1996). *This Dynamic Earth*. Obtenido de: <https://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/dynamic.html>
- Villota, H. (1992). *Sistema CIAF de Clasificación Fisiográfica del Terreno*. Centro Interamericano de Fotointerpretación, Revista CIAF, 13(1), 55-70.Colombia.
- Vinueza, I., Saavedra G., y Cruz, M. (2013). Implementación de un Plan Piloto para la Gestión de Riesgos para el fortalecimiento de los miembros de los Comandos Operacionales, en la jurisdicción de la ciudad de Esmeraldas. Tesis de pre-Grado. Escuela Politécnica del Ejército-ESPE. Sangolquí, Ecuador.

- Warpole, R. E. (2007). *Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias*. Mexico: Perason Educación.
- Wilches-Chaux, G. (1993). *La vulnerabilidad global*. En C. Andrew Maskrey, *Los desastres no son naturales* (pág. 134). Costa Rica: La Red de Estudios Sociales en América Latina.
- Wilches--Chaux, G. (1998). *Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, mecánico y soldador o yo voy a correr el riesgo*. (L. Red, Ed.) Perú: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- Yepes,H., L. Audin, A. Alvarado, et.al. (2016). *A new view for the geodynamics of Ecuador: Implication in seismogenic source definition and seismic hazard*. *Tectonics*, 35, 1249–1279. doi:10.1002/2015TC003941
- Yépez, F. (2011). *Guía para la Incorporación de la Variable Riesgo en la Gestión Integral de Nuevos Proyectos de Infraestructura*. Recuperado el 27 de Octubre de 2016, de:  
[http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Guia\\_para\\_la\\_Incorporacion\\_de\\_la\\_Variable\\_Riesgos.pdf](http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Guia_para_la_Incorporacion_de_la_Variable_Riesgos.pdf)
- Zevallos, O. (2008). *Degradación, vulnerabilidad y riesgo hidrogeomorfoclimático en áreas urbanas de laderas*. En C. J. Erazo, *Inter/secciones urbanas: origen y contexto en América Latina* (págs. 381-405). Quito: FLACSO - Sede Ecuador : Ministerio de Cultura del Ecuador.

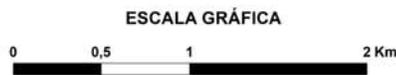
## **ANEXOS**

# MAPA DE DESLIZAMIENTOS - CIUDAD ESMERALDAS



**LEYENDA**

-  DESLIZAMIENTO
-  CORONA
-  DIRECCIÓN DE DESLIZAMIENTO



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM)  
 SISTEMA DE REFERENCIA: WGS84 ZONA 17S  
 DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR

 **UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA COLECTIVIDAD  
 DIRECCIÓN DE POSTGRADOS  
 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN GERENCIA DE SEGURIDAD Y RIESGO  
 AMENAZAS NATURALES RECURRENTES, CONCURRENTES Y CONCATENADAS EN LA CIUDAD DE ESMERALDAS

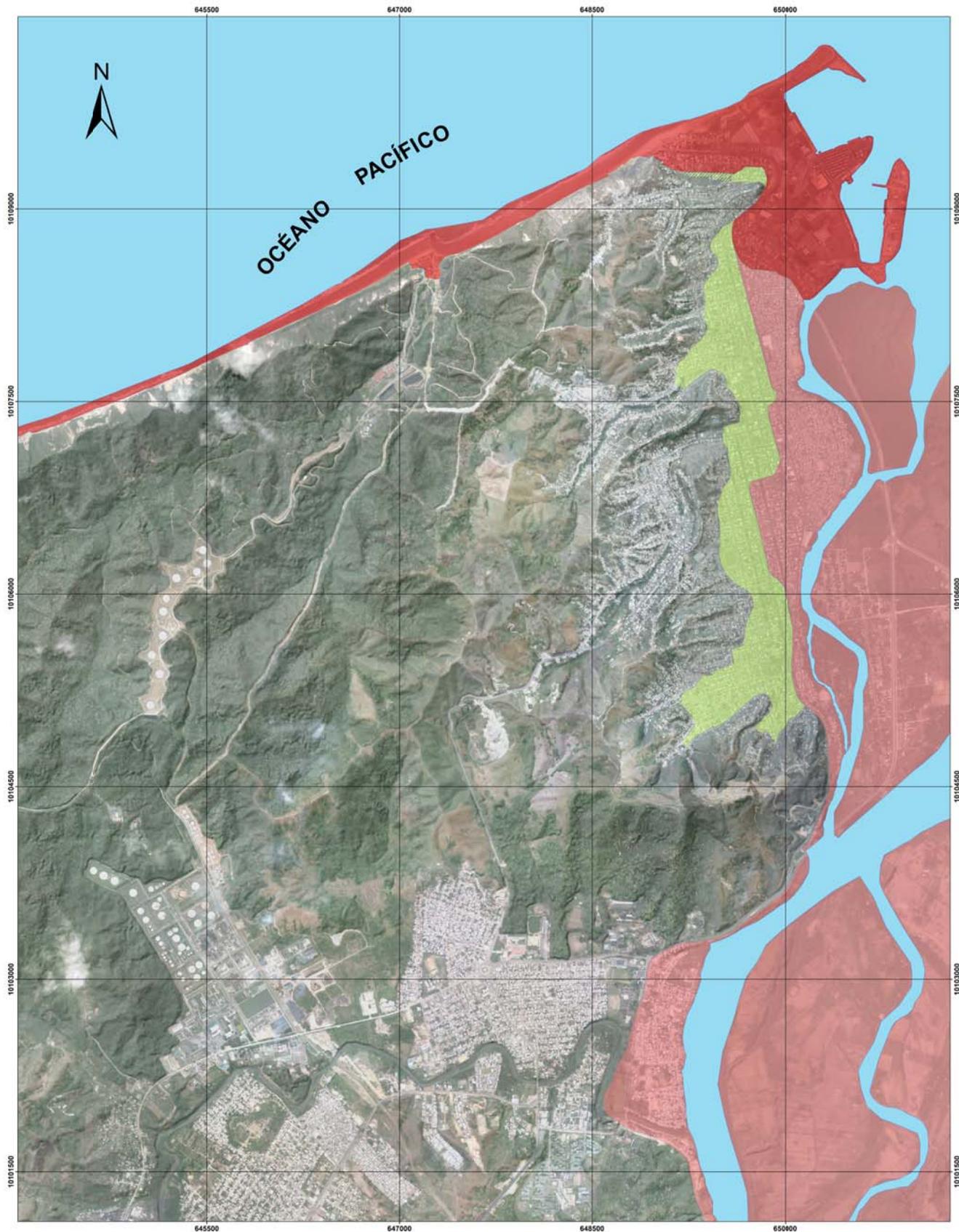
Contiene: **MAPA DE DESLIZAMIENTO ACTIVOS**

Escala de Trabajo: 1:10000	Elaborado por: Mario A. Cruz D'Howitt	Aprobado por: Mgs. René Vásquez
Sistema de Coordenadas: UTM - WGS84 - 17S	Archivo: C:\Cartografía\Deslizamientos\corregido\deslizamientos_corregido.mxd	

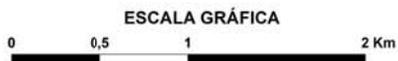
Fuente: Información Base 1:50000. IGM, 2011  
 Ortofotos escala 1:5000. Año 2011  
 Municipio de Esmeraldas. Departamento de Gestión de Riesgos

Fecha: Junio 2017

# MAPA DE INUNDACIONES POR TSUNAMI - CIUDAD ESMERALDAS



LEYENDA	
	Límite máximo de inundación por elevación rápida del nivel del río y esteros sin acción de olas
	Límite máximo de inundación por embate de olas, agua turbulenta y erosión por retroceso del agua
	Zona de Seguridad Relativa
	Zona de Seguridad



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM)

SISTEMA DE REFERENCIA: WGS84 ZONA 17S

DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA COLECTIVIDAD  
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN GERENCIA DE SEGURIDAD Y RIESGO

AMENAZAS NATURALES RECURRENTE, CONCURRENTE Y CONCATENADAS EN LA CIUDAD DE ESMERALDAS

Contiene: MAPA DE INUNDACIONES POR TSUNAMI

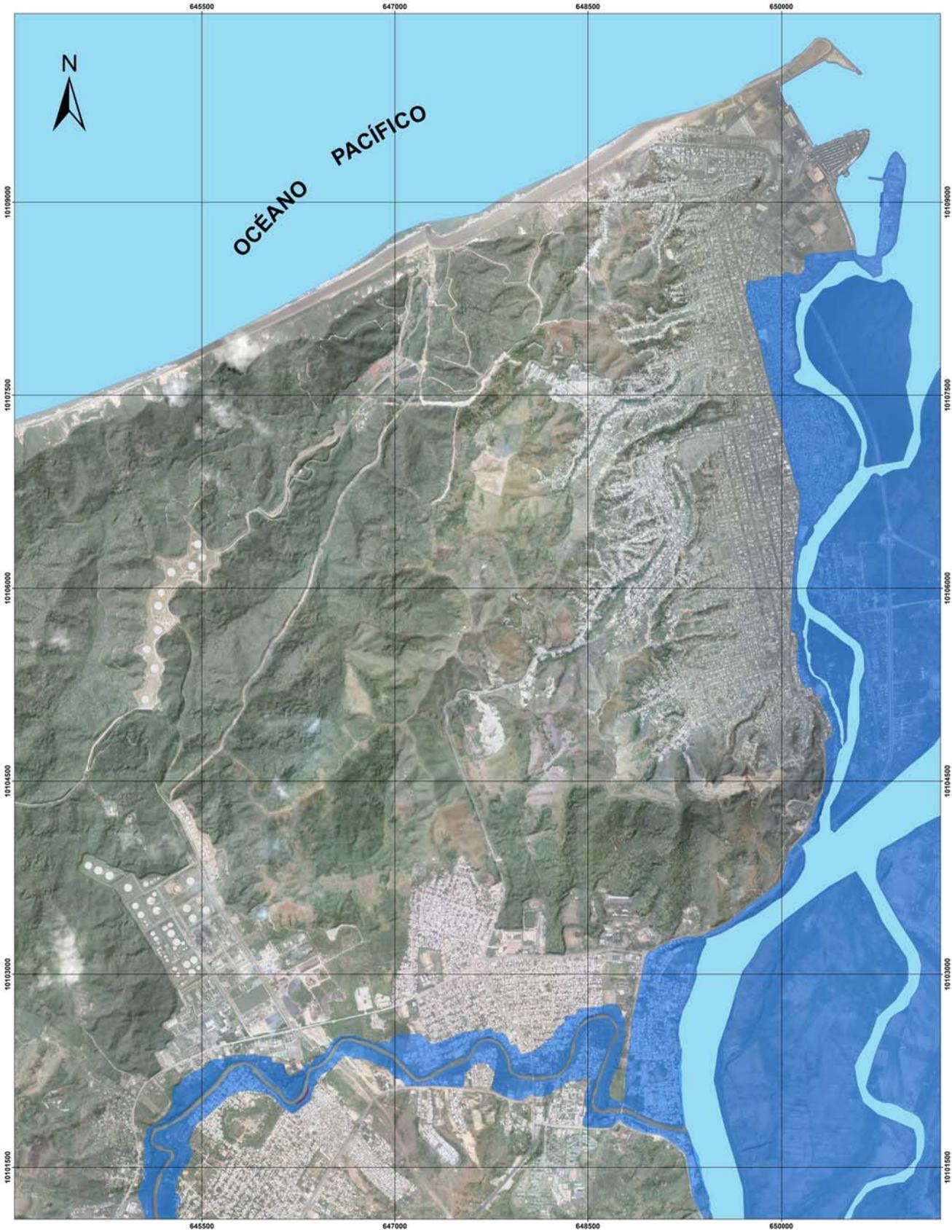
Escala de Trabajo: 1:10000	Elaborado por: Mario A. Cruz D'Hovitt	Aprobado por: Mgs. René Vásquez
-------------------------------	--	------------------------------------

Sistema de Coordenadas: UTM - WGS84 - 17S	Archivo: C:\Cartografía\Inundaciones_tsunami\mapa\INUNDACIONES_TSUNAMI.mxd
--	---

Fuente: Información Base 1:50000, IGM, 2011  
Ortofotos escala 1:5000, Año 2011  
Municipio de Esmeraldas, Departamento de Gestión de Riesgos

Fecha: Junio 2017

# MAPA DE INUNDACIONES FLUVIALES - CIUDAD ESMERALDAS



OCÉANO PACÍFICO

### ESCALA GRÁFICA



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM)

SISTEMA DE REFERENCIA: WGS84 ZONA 17S

DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR

### LEYENDA

- ZONA SUCEPTIBLE A INUNDACIÓN
- MURO DE GAVIONES



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA COLECTIVIDAD  
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN GERENCIA DE SEGURIDAD Y RIESGO

AMENAZAS NATURALES RECURRENTE, CONCURRENTES Y CONCATENADAS EN LA CIUDAD DE ESMERALDAS

Contiene: MAPA DE INUNDACIONES FLUVIALES

Escala de Trabajo: 1:10000	Elaborado por: Mario A. Cruz D'Howitt	Aprobado por: Mgs. René Vásquez
-------------------------------	--	------------------------------------

Sistema de Coordenadas: UTM - WGS84 - 17S	Archivo: C:\Cartografía\Inundaciones_fluviales\corregido\fluviales_corregido.mxd
--	---

Fuente: Información Base 1:50000, IGM, 2011  
Ortofotos escala 1:5000, Año 2011  
Municipio de Esmeraldas, Departamento de Gestión de Riesgos

Fecha: Junio 2017

# MAPA GEOLÓGICO DE LA DE CIUDAD ESMERALDAS



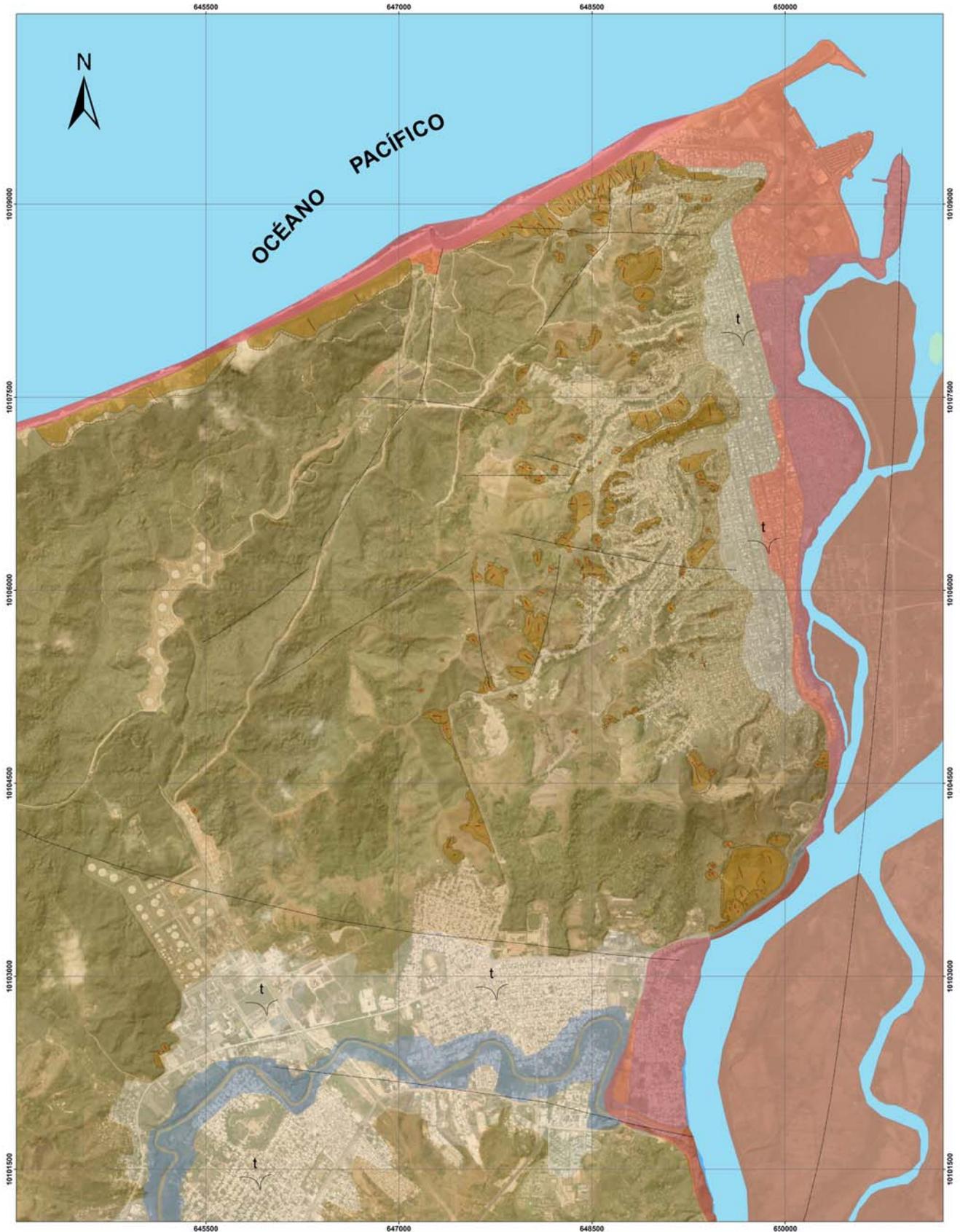
LEYENDA	
-----	Falla Geológica Inferida
■	Arcilla con capas delgadas de areniscas
■	Depósito Aluvial
■	Terraza Aluvial



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM)  
 SISTEMA DE REFERENCIA: WGS84 ZONA 17S  
 DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR

 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA COLECTIVIDAD DIRECCIÓN DE POSTGRADOS		
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN GERENCIA DE SEGURIDAD Y RIESGO AMENAZAS NATURALES RECURRENTE, CONCURRENTES Y CONCATENADAS EN LA CIUDAD DE ESMERALDAS		
Contiene: MAPA GEOLÓGICO		
Escala de Trabajo: 1:10000	Elaborado por: Mario A. Cruz D'Howitt	Aprobado por: Mgs. René Vásquez
Sistema de Coordenadas: UTM - WGS84 - 17S	Archivo: C:\Cartografía\Geologico\mapa\GEOLOGICO_E.mxd	
Fuente: Información Base 1:50000. IGM, 2011 Ortofotos escala 1:5000. Año 2011 Municipio de Esmeraldas. Departamento de Gestión de Riesgos		Fecha: Junio 2017

# MAPA DE MULTIAMENAZAS - CIUDAD ESMERALDAS



**LEYENDA**

- ZONA SUCEPTIBLE A INUNDACIONES FLUVIALES
- ZONA SUCEPTIBLE A INUNDACIONES POR TSUNAMI
- Arcilla con capas de areniscas delgadas
-  Terraza Aluvial
-  Fallas geológicas
-  DESLIZAMIENTO

**ESCALA GRÁFICA**



0 0,5 1 2 Km

**PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM)**

**SISTEMA: WGS84 ZONA 17S**

**DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR**

 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA COLECTIVIDAD  
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN GERENCIA DE SEGURIDAD Y RIESGO

AMENAZAS NATURALES RECURRENTE, CONCURRENTE Y CONCATENADAS EN LA CIUDAD DE ESMERALDAS

Contiene: **MAPA DE MULTIAMENAZAS**

Escala de Trabajo: 1:10000	Elaborado por: Mario A. Cruz D'Howitt	Aprobado por: Mgs. René Vásquez
Sistema de Coordenadas: UTM - WGS84 - 17S	Archivo: C:\Cartografía\Multiamenazas\mapa_multiamenazas.md	

Fuente: Información Base 1:50000 IGM, 2011  
Ortofotos escala 1:5000. Año 2011  
Municipio de Esmeraldas. Departamento de Gestión de Riesgos

Fecha: Junio 2017