

TERREMOTOS TSUNAMIGENICOS EN EL ECUADOR

Por:

JORGE ESPINOZA (1)

RESUMEN

Se analizan los datos de los sismos ocurridos en el Ecuador desde 1901 a 1981 que aparecen principalmente en el Catálogo CERESIS. Ciento veinticinco sismos de magnitud $M_s > 4$, se han producido en la plataforma y en el continente, el 65% de todos los hipocentros fueron superficiales, es decir, que se produjeron a profundidades menores de 70 Km.; las profundidades hipocentrales menores a 50 Km., se ubican preferentemente en la región de la plataforma submarina y sus magnitudes varían entre 6.5 y 8.7 en la escala de Richter. Cinco sismos generaron tsunamis en los años 1906, 1933, 1953, 1958 y 1979.

Se encontró que los daños ocurridos en las costas ecuatorianas han sido mínimos debido a su poco desarrollo hasta 1960, o debido a otros factores como la ocurrencia del fenómeno en marea baja como en 1979, o a que las poblaciones con peligro potencial, tienen protecciones naturales al encontrarse ubicadas en el interior de canales, como en el caso de las poblaciones al norte de la Provincia de Esmeraldas.

La amenaza de futuros tsunamis es real y permanente, como consecuencia del constante movimiento diferencial de las placas que forman la fosa o trinchera, por lo que es necesario planificar el desarrollo de la zona costera, de tal manera que se pueda minimizar los efectos en las poblaciones y sus habitantes.

ABSTRACT

Earthquakes data of Ecuador between 1901 to 1981 from CERESIS Catalogue have been analyzed. 125 earthquakes of magnitude $M_s > 4$, took place either on the continental shelf or the continent; 65% of all hypocenter are shallow, with depth up to 70 Km. The hypocenters of depth up to 50 Km., are mainly located on the submarine shelf, and the magnitude is ranking from 6.5 to 8.5 Richter. Five tsunamis have been generated, they occurred in 1906, 1933, 1953, 1958 and 1979.

Few damages on the ecuadorian's coast have occurred because the little development up to 1960's decade, or because the level of the tide was at its lowest at that time, similar to 1979, another factor is the natural protection of the coastal villages because they are into the channels, especially to the north of Esmeraldas Province.

Threat of futures tsunamis is real and permanent, because of the continue differential movement of the plates, so it is necessary a coastal development planning in order to diminish the threat for either the villages and the people.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR. P.O. Box 5940 Guayaquil- Ecuador

INTRODUCCION.

La costa continental ecuatoriana, con una extensión aproximada de 950 Km., está ubicada entre 1°26' N y 3°25' S en la costa oeste de sudamérica y por lo tanto sujeta a los procesos tectónicos de los bordes de placas.

La subducción de la Placa Nazca Sudamericana origina dos ambientes epicentrales, uno en el continente y otro en la plataforma submarina. En el Ecuador, alrededor de 125 sismos con magnitud $M_s > 4$, se han registrado en ambos ambientes entre 1901 y 1981, (Catálogo CERESIS, 1985).

En el ambiente continental, los sismos más importantes se ubican en la Región Interandina, entre estos tenemos el terremoto del 11 de marzo de 1955 de magnitud $M_s = 6.8$; ó el terremoto del 16 de agosto de 1868, cuya magnitud M_s probable fue de 7.8 deducida de las intensidades encontradas en la región y que produjo entre 15.000 y 20.000 víctimas. Estos terremotos pueden ser excedidos por los sismos de la Plataforma Submarina como el ocurrido el 31 de enero de 1906, con magnitud $M_s = 8.7$ frente a las costas de Esmeraldas, este sismo está considerado como uno de los más fuertes del mundo; o el sismo del 12 de diciembre de 1979 con magnitud $M_s = 7.8$ en la misma región, frente a la frontera Ecuador-Colombia; ambos originaron tsunamis que afectaron las costas cercanas y fueron registrados en muchos otros lugares de la Cuenca del Pacífico.

Se define a un tsunami o maremoto, como una serie de olas que viajan a gran velocidad, con periodos y longitudes extremadamente grandes, originadas por disturbios del oceano asociados con terremotos que ocurren debajo o cerca del piso oceánico; pueden ser generadas también, por erupciones volcánicas o por deslizamientos de tierra. Cuando las olas de un tsunami llegan cerca de la costa, pueden alcanzar grandes alturas y por lo tanto contener suficiente energía como para ocasionar severos daños en las poblaciones, en sus estructuras y en los habitantes. Estas olas no están relacionadas con las mareas, ni con las olas de viento que normalmente se presentan en las costas y que, en el Ecuador, son llamadas marejadas cuando su actividad es fuerte y ocasionan daños.

La vulnerabilidad de las playas del Ecuador frente a un tsunami, es progresivamente creciente como consecuencia del acelerado desarrollo de la zona costera. En la actualidad, a lo largo de la costa continental, existen cuatro Puertos Comerciales; tres Terminales Petroleros; 57 lugares clasificados como Puertos Pesqueros Artesanales, con asentamientos humanos importantes; el 40% de la población urbana del Ecuador, se concentra en las principales ciudades de la costa; 66 playas, de las 107 con atractivos turísticos, tienen algún grado de explotación. Lo anterior son algunas de las principales características de las costas continentales ecuatorianas, potencialmente vulnerables al ataque de las olas de un tsunami o maremoto.

MARCO TECTONICO.

De acuerdo a la teoría de la "Tectónica de Placas", la corteza terrestre y el manto superior, están divididos en 6 ó 7 "placas" mayores, rígidas y delgadas (100-150 Km.), que se mueven una con respecto a la otra. El calor y las corrientes de convección que se producen en el interior de la tierra, hacen que dichas placas se encuentren en constantes movimientos diferenciales. Dichos movimientos se manifiestan a través de las dorsales y de las fosas o trincheras.

La actividad de los cinturones sísmicos, es uno de los resultados de dichos movimientos diferenciales, así como la actividad volcánica presente en ciertas partes de dicho cinturón.

La sismicidad, el movimiento diferencial entre las placas, la actividad volcánica y las grandes formas topográficas, están íntimamente relacionadas, especialmente en los dominios de subducción o fosa. Uno de estos dominios lo produce la placa Oceánica Nazca, al consumirse en la trinchera o fosa que corre desde Colombia hasta el sur de Chile, cuando se incrusta por debajo de la Placa Continental Sudamericana.

Frente al Ecuador, además del consumo de la corteza oceánica, se produce la colisión y consumo de la Cordillera Carnegie frente a las costas de la Provincia de Manabí; esta cordillera es uno de los principales elementos tectónicos del Ecuador, Fig.1, puesto que divide a este sector de la Placa Nazca en diferentes ambientes tectónicos.

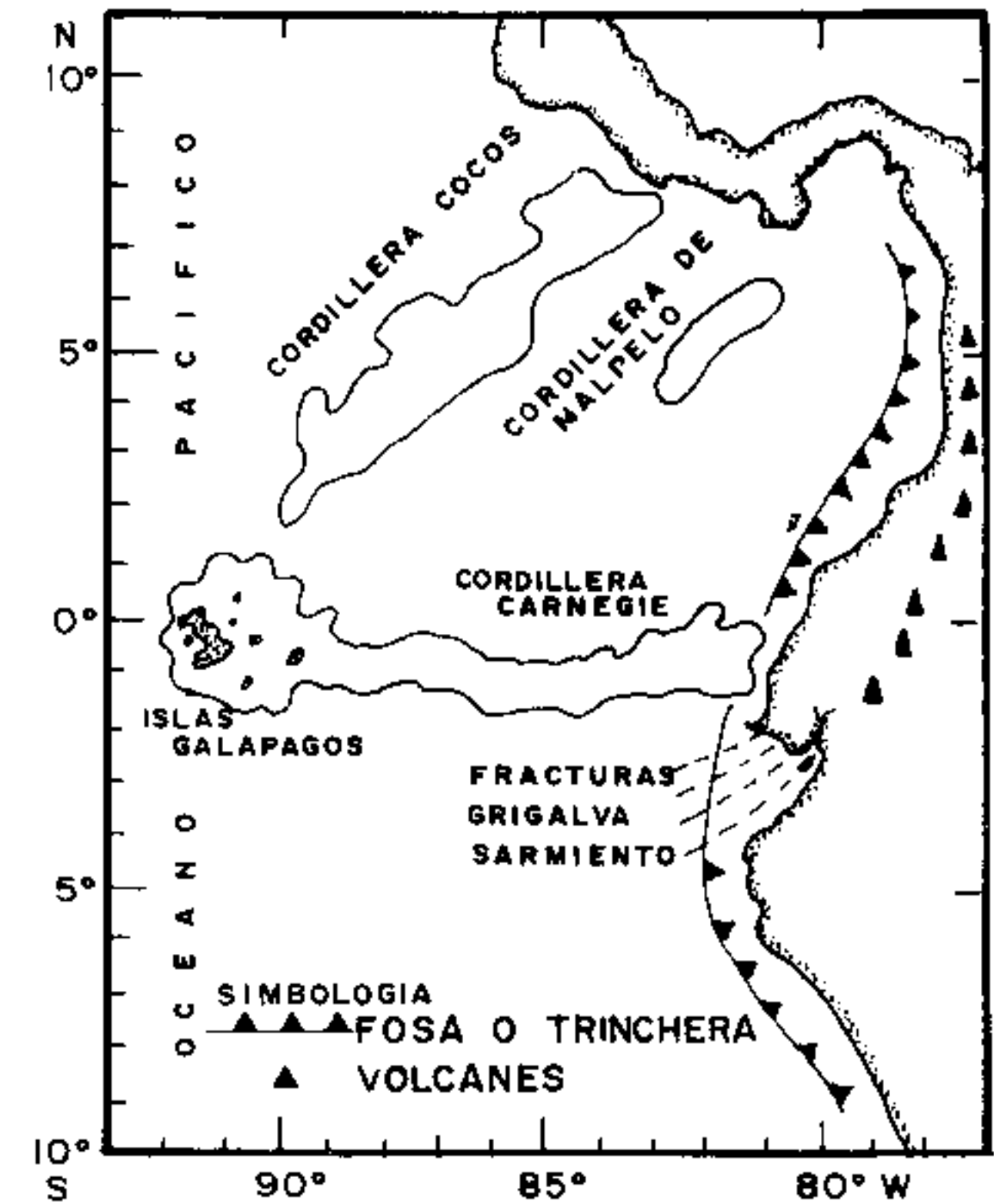


Figura 1 Configuración esquemática de los principales elementos tectónicos frente a Ecuador-Colombia.

Lomnitz y otros (1987), distinguen tres ambientes tectónicos en la Placa Nazca frente a Ecuador-Colombia, uno entre las latitudes 1°N y 7°N ; el segundo entre las latitudes 2°S y 4°S ; y entre los dos, es decir entre 1°N y 2°S , el tercer ambiente caracterizado por las elevaciones de la Cordillera Carnegie, Fig. 1.

Entre 1°N y 7°N , el fondo marino es alterado por la pequeña Cordillera de Malpelo con una orientación NE-SO ubicada al este de la Cordillera Cocos. La edad de la corteza aumenta progresivamente hacia el norte de 10 a 26 ma, (Lonsdale y Klitgord, 1978). El segundo ambiente tectónico se ubica entre los 2° y 4°S , frente al Golfo de Guayaquil, la corteza presenta una zona fracturada llamada la zona de fractura Grijalva-Sarmiento, dichas fracturas con una orientación NE-SO, coinciden con dos filas de elevaciones.

El tercer ambiente tectónico, lo forma la Cordillera Carnegie chocando contra la Placa Continental Sudamericana frente a la Provincia de Manabí. Esta cordillera tiene una orientación E-O y aparece en la superficie en las Islas Galápagos ubicada a unos 930 Km. de la costa ecuatoriana. Lomnitz (Op. cit., 1987), indican que esta cordillera, de 300 Km. de ancho y 3 Km. de alto, descansa sobre una corteza oceánica de más de 16 m.a. Debido a su orientación y al rumbo de la deriva de la Placa Nazca hacia el este, a una velocidad media de 5 cm./año en los últimos 25 m.a., la Cordillera Carnegie debe estar buzando bajo la parte central del Ecuador. El buzamiento interrumpe parcialmente la fosa o trinchera frente a la costa ecuatoriana, donde se manifiesta una fosa poco profunda de unos 2.800 m. frente a Bahía de Caráquez.

Otras manifestaciones del buzamiento de la Cordillera Carnegie, se las puede encontrar en el levantamiento activo de la zona de playa y costa entre 1°N en el Ecuador y probablemente hasta 6°S en el Perú, (CERESIS, Mapa Neotectónico, 1985); en un volcanismo extenso y en la naturaleza del fallamiento y de la sismicidad observadas. Tanto en la plataforma como en el continente, se observa un juego de fallas con rumbo NO-SE al norte del Ecuador y NE-SO a lo largo de toda la costa. Los esfuerzos tectónicos de este régimen de fallas y del margen convergente, han originado grandes sismos en la plataforma y en el continente, con saldos trágicos en ciudades y pueblos destruidos y miles de pobladores muertos.

MARCO SISMOLOGICO.

Se distinguen dos ambientes generadores de epicentros en el Ecuador continental. El primero de ellos está formado por el borde de consumo de la Placa Nazca con la sudamericana y por el posible contacto con la Placa Cocos al norte del Ecuador. El segundo ambiente generador de los sismos en el interior del país, en especial en la región sub e interandina, se debe a las fallas tectónicas activas en este sector, (Lomnitz Op. cit, 1987).

En el borde de consumo, el doblamiento de la Placa Nazca al hundirse, crea la fosa y genera sismos profundos. Se ha demostrado que los temblores profundos, se inclinan en una zona desde la fosa hacia el este del continente, interpretándose esto como el deslizamiento de una placa bajo la otra, (Suárez, 1977). Lo anterior se lo puede observar en los perfiles de la Fig. 2, en los que se ha plotado los hipocentros a lo largo de dos secciones orientadas en sentido E-O, correspondientes a los paralelos 1° y 2°S ; estos perfiles, realizados por Sheppmarker y Egred, y presentados por Miró (1976), muestran la tendencia de aumentar la profundidad de los hipocentros hacia el este, corroborando lo dicho por M. Suárez. Por otra parte, Barazangi e Isacks (1976), en un estudio de la distribución espacial de los terremotos relacionados con la subducción de las placas, encontraron que al sur del Ecuador, entre 0° y 2°S , los hipocentros al ser más profundos hacia el este, revelan que la placa subduce con una inclinación entre 25° y 30° .

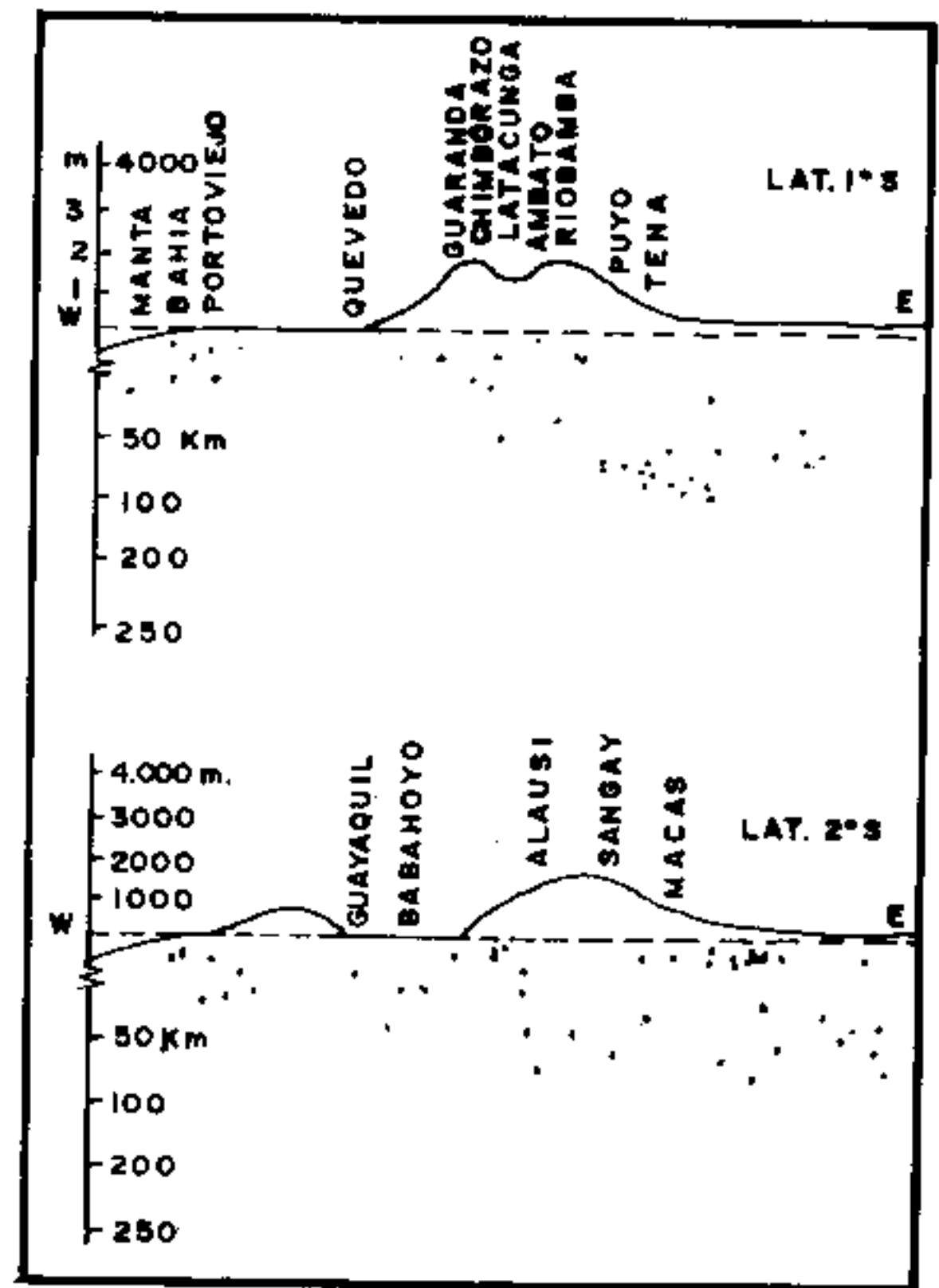


Figura 2 Profundidad de los hipocentros a lo largo de los paralelos 1° y 2°S en el Ecuador, (tomado de Miró, 1976)

En los perfiles de la Fig. 2, aparecen algunos puntos superficiales dentro de la capa superior de los 50 Km.. Algunos hipocentros superficiales, aparecen cerca de la costa y en el subfondo marino, y son estos los que al producirse bajo ciertas condiciones pueden originar un tsunami o maremoto.

De un análisis de los datos registrados en los Catálogos CERESIS, desde 1901 a 1981, se encontró que el 65% de los hipocentros, corresponden a sismos superficiales, es decir que se han producido a profundidades menores de 70 Km. y se concentran muy cerca y a lo largo de la línea costera o de la cordillera; las profundidades hipocentrales menores a 50 Km., se ubican preferentemente en la región de la plataforma submarina, Fig. 2, y su magnitud varía entre 6.5 y 8.0 en la escala de Richter. En general, se han registrado alrededor de 125 sismos de magnitud $M_s > 4$.

Al interior del país ocurren terremotos fuertes como el sismo del 5 de marzo de 1987 de magnitud $M_s = 6.5$, que causó la muerte de unas 1.000 personas y daños por un monto de más de U.S.\$ 3.000'000.000; otro sismo fuerte es el ocurrido el 11 de marzo de 1955, con magnitud de 6,8 en el valle interandino de la región de Ibarra, Otavalo y Cayambe; o el terremoto del 16 de agosto de 1868, que causó 4.485 muertos en Ibarra, 4.000 en Otavalo y sobre las 3.000 en Cotacachi. Otra región de sismos fuertes es la de Ambato, Pelileo y Riobamba, (Lomnitz, Op. cit., 1987).

Sin embargo, los terremotos con epicentro en el interior, son excedidos en magnitud por los ocurridos en la plataforma continental, como el sismo del 31 de enero de 1906 de magnitud 8.7 en la escala de Richter frente a Esmeraldas y que produjo uno de los tsunamis de mayor magnitud.

En la Tabla I se muestra un listado de los sismos de magnitud $M_s > 6$ ocurridos en la plataforma continental o cerca de la costa. Muchos de ellos no reportan la ocurrencia de un tsunami.

FECHA	HORA	LOCALIZACION	MAGNTUD	TSUNAMI
01/31/1906	1536Z	01.0N 081.5W	8.6	TSUNAMI
02/07/1906	—	01.0N 081.0W	—	—
03/11/1924	2244Z	04.0S 082.0W	6.8	No se reporta.
10/18/1924	2305Z	02.5N 080.0W	6.7	No se reporta.
10/02/1933	1529Z	02.0S 081.0W	6.9	TSUNAMI
10/03/1933	1021Z	01.7S 080.7W	6.3	No se reporta.
10/03/1933	1422Z	01.7S 080.7W	6.0	No se reporta.
05/14/1942	0213Z	00.3S 080.0W	7.9	No se reporta.
10/23/1944	2340Z	00.5N 080.0W	6.9	No se reporta.
12/12/1953	1731Z	03.5N 081.0W	7.3	TSUNAMI
01/19/1958	1407Z	01.3N 079.3W	7.8	TSUNAMI
02/09/1967	1525Z	02.9N 079.9W	6.3	No se reporta.
12/10/1970	0435Z	04.0S 080.7W	7.6	No se reporta.
12/12/1979	0759Z	01.6N 079.4W	7.9	TSUNAMI

TABLA I Sismos con magnitud $M_s > 6$ ocurridos en la plataforma continental ecuatoriana o cerca de la línea de costa desde 1901 a 1981.

LOS TSUNAMIS EN Y CERCA DE LAS COSTAS ECUATORIANAS.

Desde 1906, han ocurrido cinco terremotos fuertes en la plataforma continental ecuatoriana, o muy cerca de la frontera que han dado origen a la formación de tsunamis. El menor de los sismos fue de magnitud 6.9 frente a la Península de Santa Elena en 1933 y el de mayor magnitud de 8.7, frente a las costas de la Provincia de Esmeraldas en 1906.

La zona de mayor actividad tsunamigénica es la región fronteriza de Ecuador-Colombia, donde han ocurrido tres maremotos en los años 1906, 1958 y 1979; las otras dos regiones que presentan un tsunami cada una, es la de la Bahía de Santa Elena en 1933 y la frontera Ecuador-Perú en 1953, Fig. 3. De estas tres zonas, en la de Esmeraldas se producen los sismos más fuertes que en las otras dos, 8.6 (1906); 7.8 (1958) y 7.9 (1979).

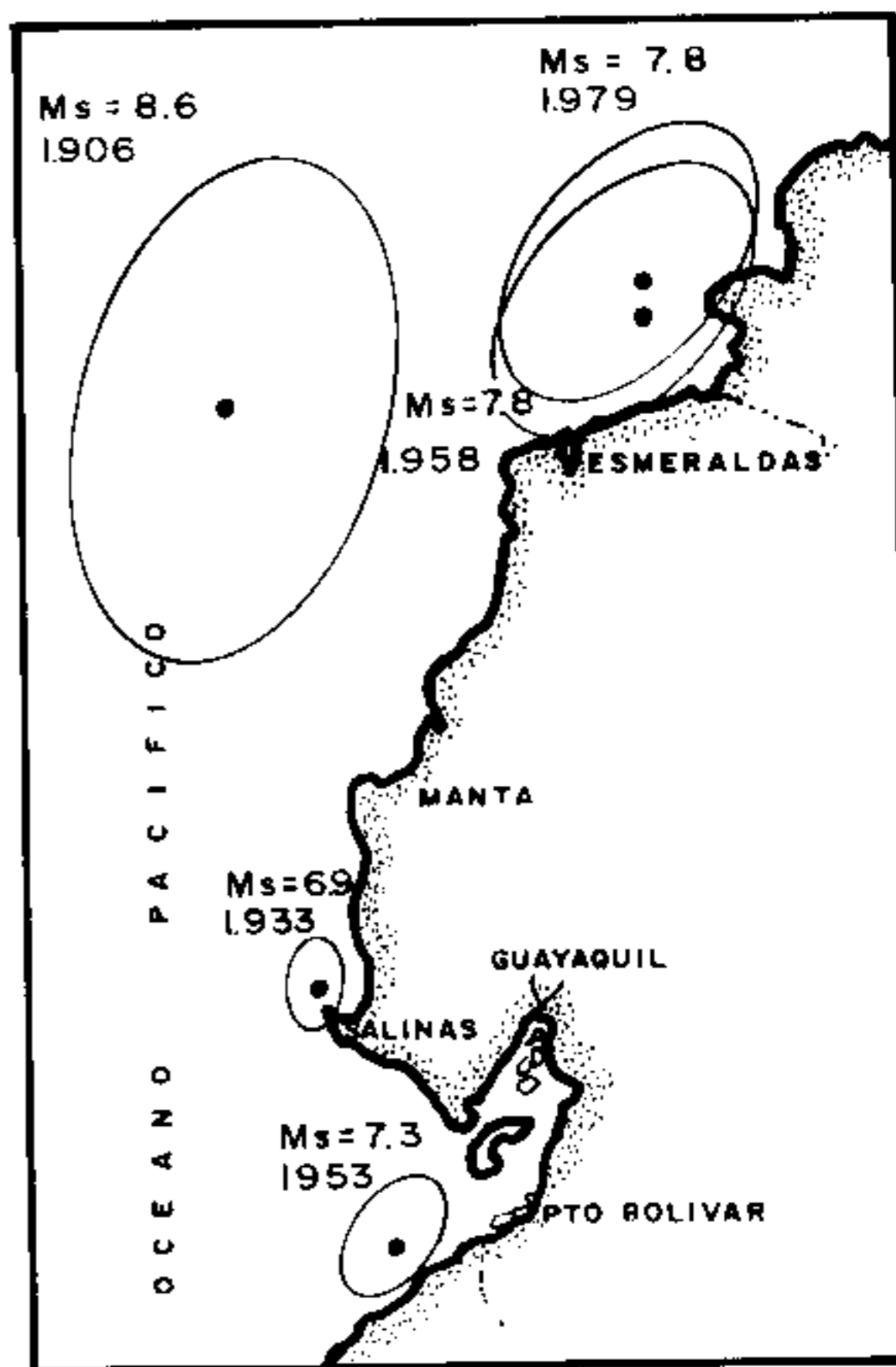


Figura 3 Tsunamis ocurridos en o cerca de la costa ecuatoriana.

Debido al escaso o ningún desarrollo de la costa ecuatoriana en la primera mitad del siglo en el que no existían poblaciones ni infraestructura de importancia, en la actualidad no se puede encontrar evidencias físicas o históricas de los efectos de las olas o de las características

con que se presentaron fenómenos tan fuertes como el de 1906. Sin embargo, de los diferentes catálogos y publicaciones especializadas, se ha reunido la siguiente información; las horas que se indican están referidas al tiempo universal.

1906, ENERO 31: Un fuerte sismo ocurrió a las 15h36 en las coordenadas 1°N y 81.5°W con magnitud $M_s=8.6$, el sismo tuvo una profundidad de 25 Km. (Catálogo CERESIS, 1985). Otras fuentes dan magnitudes de 8.7 y 8.9.

El terremoto ocurrió frente a las costas de Ecuador-Colombia y fue sentido en una gran extensión. Según E. Rudolph, (1911), la región sacudida verticalmente comprende desde Bahía de Caráquez al sur hasta Guapi y la desembocadura del Río Timbiqué en el norte, es decir en una extensión de por lo menos 450 Km.; hacia el interior del continente indica que solo se sabe que en Quito el movimiento ya era completamente horizontal, deduciendo como hecho importante que la región más estremecida tenía una extensión marcadamente longitudinal comprendida entre el océano y la Cordillera Occidental de Ecuador y Colombia. El mismo autor da a conocer partes importantes de los informes de testigos quienes indican que en Tumaco fue imposible de mantenerse en pie sin apoyo, los de Guapi agregan que era necesario sostenerse en objetos fijos, tales como árboles y plantas, para no ser arrojados lejos por la violencia de las sacudidas. Toda la Isla de Tumaco se encontraba visiblemente en movimiento: el suelo subía y bajaba alternadamente, sacudiendo todas las casas de una manera aterradora. Este movimiento duró unos 5 minutos. El autor destaca el hecho de que las edificaciones en Tumaco son de sólida construcción de madera, las cuales por su gran elasticidad pudieron resistir aún los movimientos más fuertes sin colapsar por efectos de las oscilaciones más grandes. El área estremecida tiene una dirección N-S en una extensión de 1.200 Km. entre Guayaquil y Medellín, hacia el interior del continente el ancho mayor del área fue de 350 Km. en la latitud de Bogotá. La superficie total del área estremecida fue estimada en unos 300.000 Km² aproximadamente.

El terremoto originó un tsunami el cual llegó media hora después a Tumaco y a las poblaciones cercanas, una segunda ola arribó luego de 20 minutos y después una tercera; durante unas cuatro horas se observaron olas largas en Tumaco, (Soloviev, 1984). La altura del run-up fue de 2.0 a 5.9 m., (Lockridge, 1984), calculada de la intensidad del tsunami.

Las olas del tsunami fueron muy destructivas en las costas bajas y planas existentes desde Río Verde hacia el norte, donde todas las viviendas asentadas cerca de la playa o en la zona estuarina formada por los Ríos Santiago y Mataje fueron destruidas; alrededor de unas 1.000 a 1.500 personas murieron. En La Tola, más de 23 viviendas fueron destruidas. En Esmeraldas el río se salió de su cauce inundando las zonas bajas de la población. El tsunami fue observado en Bahía de Caráquez donde el mar se elevó de 80 a 100 cm. en 20 minutos. Los fondeaderos desde Manta a Buenaventura perdieron por lo menos 2 m. de profundidad; algunos cambios se reportaron en el Canal del Río Esmeraldas. El tsunami fue registrado en otros lugares del Pacífico, Fig. 4. Algunos autores indican que fuertes oscilaciones tipo seiches, se registraron en las costas atlánticas de Colombia, (Soloviev, 1984).

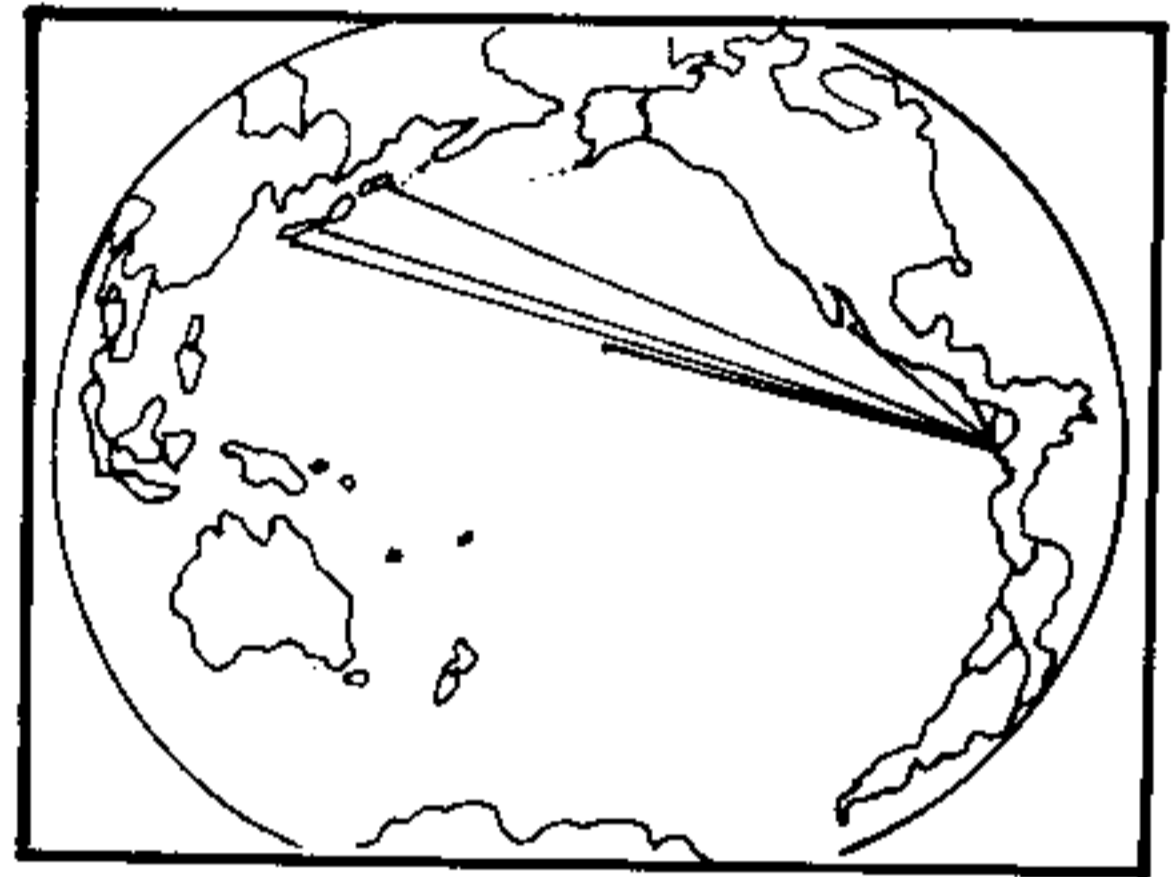


Figura 4 Lugares fuera del Ecuador en que fue registrado el Tsunami del 31 de enero de 1906.

1933, OCTUBRE 2: Un fuerte terremoto sacudió la Bahía de Santa Elena a las 15h29 con magnitud $M_s=6.9$. El epicentro tuvo las coordenadas 2°S , 81°W (Catálogo CERESIS, 1985). Soloviev, (1984) indica que de acuerdo a un reporte del Geólogo G. Shepard, quien estuvo en el lugar, en La Libertad el mar se retiró inmediatamente después del sismo, luego a las 16h30 se elevó alcanzando la marca de la marea alta, regresó al nivel de marea baja al medio día y nuevamente se elevó a las 19h00. Entre los daños solo se indica que un cable submarino fue roto a 25 Km. al sur de Salinas. Fuertes oscilaciones del nivel del mar se observaron en Ancón.

De la información anterior se puede deducir que es probable que el tsunami no se presentó con olas turbulentas, sino más bien con retiradas y aumentos del nivel del mar en forma de olas de inundación, la altura debe haber sido del orden de los 2 a 2,5 m. estimada de las características de las mareas en el sitio.

1953, DICIEMBRE 12: Sísmo en la región fronteriza Ecuador-Perú. El terremoto ocurrió a las 17h31m21s, con magnitud $M_s=7.3$ a una profundidad focal de 33 Km.; sus coordenadas fueron 3.5°S y 81°W , (P. Lockridg, 1985). En cambio Soloviev (1984) da las siguientes coordenadas 3.4°S y 80.6°W , e indica que fue sentido en una área de 700.000 Km^2 ; el área de mayor destrucción fue de 5.000 Km^2 ; el terremoto tuvo una duración de 30 a 40 segundos y originó un tsunami con olas no destructivas para las costas ubicadas hacia el norte de la Puntilla de Santa Elena, la amplitud en La Libertad fue de 0.2 m. mientras que en las costas Peruanas se reportaron olas de hasta 1.9 m., (Lockridge, 1984).

La gran diferencia entre la baja altura de ola en La Libertad, con los valores altos reportados en el Perú, puede tener su explicación en los procesos de refracción que debe haber sufrido la onda al girar alrededor de la Puntilla de Santa Elena y en el de disminución de profundidad al acercarse a la costa, procesos que hacen perder energía y por lo tanto altura; se deduce así mismo que en las costas ubicadas al sureste de La Puntilla y en el Golfo de Guayaquil, las olas deben haber sido más altas que las observadas en La Libertad a pesar de la pérdida de energía por efectos de la reducción del fondo; es posible que las alturas de las olas hayan tenido magnitudes similares a las observadas en el Perú.

1958, ENERO 19: Ocurrió un fuerte sísmo a las 14h07m26s. en la región fronteriza de Ecuador-Colombia, su epicentro fue ubicado en las coordenadas 1.37°N y 79.34°W con magnitud $M_s=7.8$ y profundidad focal de 60 Km., (Catálogo CERESIS, 1985); otras fuentes dan magnitudes de 7.5 y 7.6 en las coordenadas 1.5°N y 79.5°W .

S.L. Soloviev, (1984) indica que aproximadamente el 30% de Esmeraldas fue destruida, muriendo 11 personas y 45 fueron afectadas como resultado del terremoto; muchos sectores de la carretera Quito-Esmeraldas fueron destruidos, otras carreteras del país sufrieron daños; un deslizamiento de una elevación en la Cordillera enterró a la población de Panado muriendo cientos de personas. El sísmo fue destructivo al norte del país y afectó severamente desde Quito a La Tacunga, Ibarra y Tulcán; fue sentido en Guayaquil. Daños más severos ocurrieron en suelo colombiano en las ciudades de Pasto e Ipiales.

El terremoto originó un tsunami haciendo que una embarcación casi se hunda frente a Esmeraldas, se

reportaron 4 muertos por efectos del maremoto. La altura del run-up fue de 2.0 a 5.9 m., (Lockridge, 1984). El autor S.L. Soloviev (1984), indica que las olas ocasionaron daños en Tumaco y Guayaquil. En relación al último dato no es posible que las olas del tsunami hayan alcanzado la ciudad de Guayaquil debido a su ubicación en la parte superior del Estuario del Río Guayas, aunque sí es fácilmente comprensible que hayan afectado en forma severa la zona de Tumaco y posiblemente la costa norte de la Provincia de Esmeraldas.

1979, DICIEMBRE 12: Un fuerte terremoto de magnitud 7.9 Richter ocurrió a las 07h59m3s en la zona fronteriza de Ecuador-Colombia. Sus coordenadas fueron 1.6°N y 79.4°W con una profundidad de 33 Km., (Iida, 1984). El sísmo produjo un tsunami y ambos ocasionaron daños graves en territorio colombiano donde algunos lugares fueron declarados como zona de emergencia.

Revisando la información de los principales diarios de esas fechas, se encontró que en Ecuador los daños materiales fueron leves y no se produjeron víctimas. El terremoto causó daños ligeros en las ciudades y poblaciones ubicadas al norte del país. En Quito, Ibarra, Tulcán, Esmeraldas y Otavalo, se presentaron interrupciones en el sistema de energía eléctrica, en el de teléfonos o en el de agua potable; algunos edificios sufrieron daños en su estructura, en especial en la ciudad de Esmeraldas; centenares de personas abandonaron sus viviendas y permanecieron en las calles y parques por temor a nuevos movimientos y al derrumbe de sus viviendas. El sísmo fue sentido hasta la ciudad de Guayaquil. Las poblaciones costeras no reportaron daños por efectos del tsunami o del terremoto.

En suelo colombiano los efectos fueron graves. En Charco, con una población aproximada de 4.000 personas todas las casas fueron seriamente dañadas o totalmente destruidas, primero por el terremoto y minutos después por olas de 4 a 5 m. de altura, además se presentaron algunos incendios de consideración por la caída de los postes de energía eléctrica. La población pesquera de San Juan, ubicada en una pequeña isla, fue prácticamente barrida por unas 3 ó 4 olas que se presentaron unos 10 minutos después del sísmo, la tercera ola fue la más alta estimada en unos 5 m. sobre el nivel de la marea, la pequeña isla quedó reducida a una masa de arena y piedra. En Tumaco por lo menos el 10% de la población, de unos 50.000 habitantes, quedó destruida; en esta población se presentaron problemas de licuefacción, y en otros sectores e islas se observó una subcidencia de unos 50-60 cm., (Pararas-Carayanis, 1980).

En total seis pueblos pesqueros colombianos fueron prácticamente destruidos por los efectos combinados del terremoto y del tsunami; las olas en algunos lugares alcanzaron entre 2 y 5 m. de altura, las poblaciones afectadas fueron Tumaco, El Charco, San Juan, Mosquera, Majagual y Salahonda, todas ubicadas al sur de la costa pacífica colombiana; en esta área algunos ríos se desbordaron ocasionando daños adicionales de inundación, en algunas localidades más pequeñas el desborde de los ríos arrasaron con las viviendas.

Muchas personas que sobrevivieron al terremoto, algunas de ellas saliendo de sus casas, fueron sorprendidas minutos más tarde por las olas del tsunami. Varias embarcaciones pesqueras se hundieron con sus tripulantes. En general, según reportes de sobrevivientes, se observaron entre 3 y 4 olas, el nivel del mar descendió primeramente unos 3 m., la primera ola arribó aproximadamente 10 minutos después del terremoto, la tercera ola de unos 5 m. fue la más alta en la Isla de San Juan.

Una estimación del International Tsunami Information Center, ITIC, realizada poco después de ocurrido el fenómeno, indica que por los efectos combinados del terremoto y tsunami, pueden haber muerto de 500 a 600 personas, mientras que unas 4.000 fueron afectadas de diversas maneras; las viviendas de al menos unas 10.000 personas fueron destruidas. Cerca de 40 poblaciones en Nariño y Cauca fueron afectadas, (Pararas-Carayanis, 1980).

El Tsunami fue registrado en muchos lugares del Pacífico. En Manzanillo, Méjico, fue registrado con 50 cm. de altura; en Hilo, Hawaii, 40 cm.; Islas Johnstone, 3 cm.; Islas Galápagos, 80 cm.. En la Fig. 5 se indica los lugares en que fue registrado.

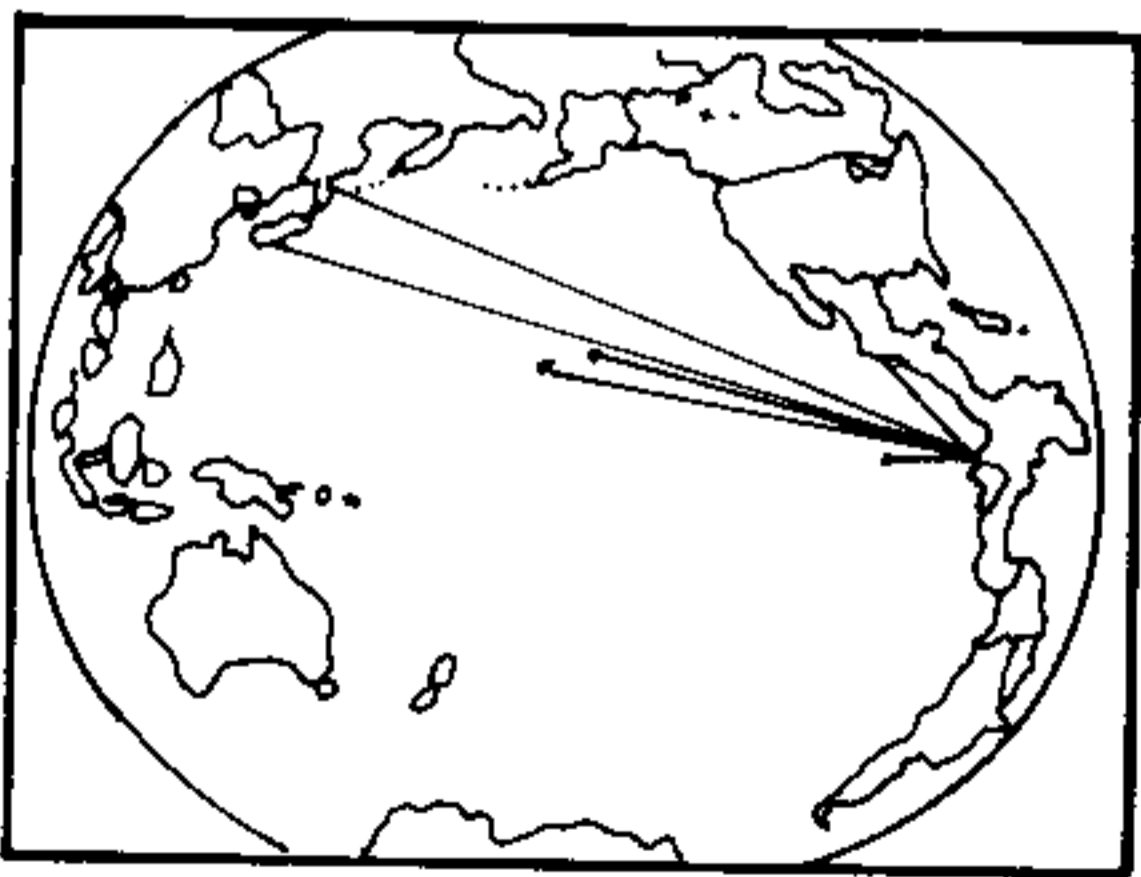


Figura 5 Lugares fuera del Ecuador en que fue registrado el Tsunami del 12 de diciembre de 1979.

Revisando los registros de mareas del mareógrafo de la ciudad de Esmeraldas, Fig. 6, se observa que se presentaron de 3 a 4 olas y que en el momento del sismo y tsunami la marea se encontraba en su nivel más bajo. Se deduce entonces que los efectos hubiesen sido muchos más graves si el tsunami se presentaba durante la pleamar, afectando incluso a las poblaciones costeras ecuatorianas de la Provincia de Esmeraldas.

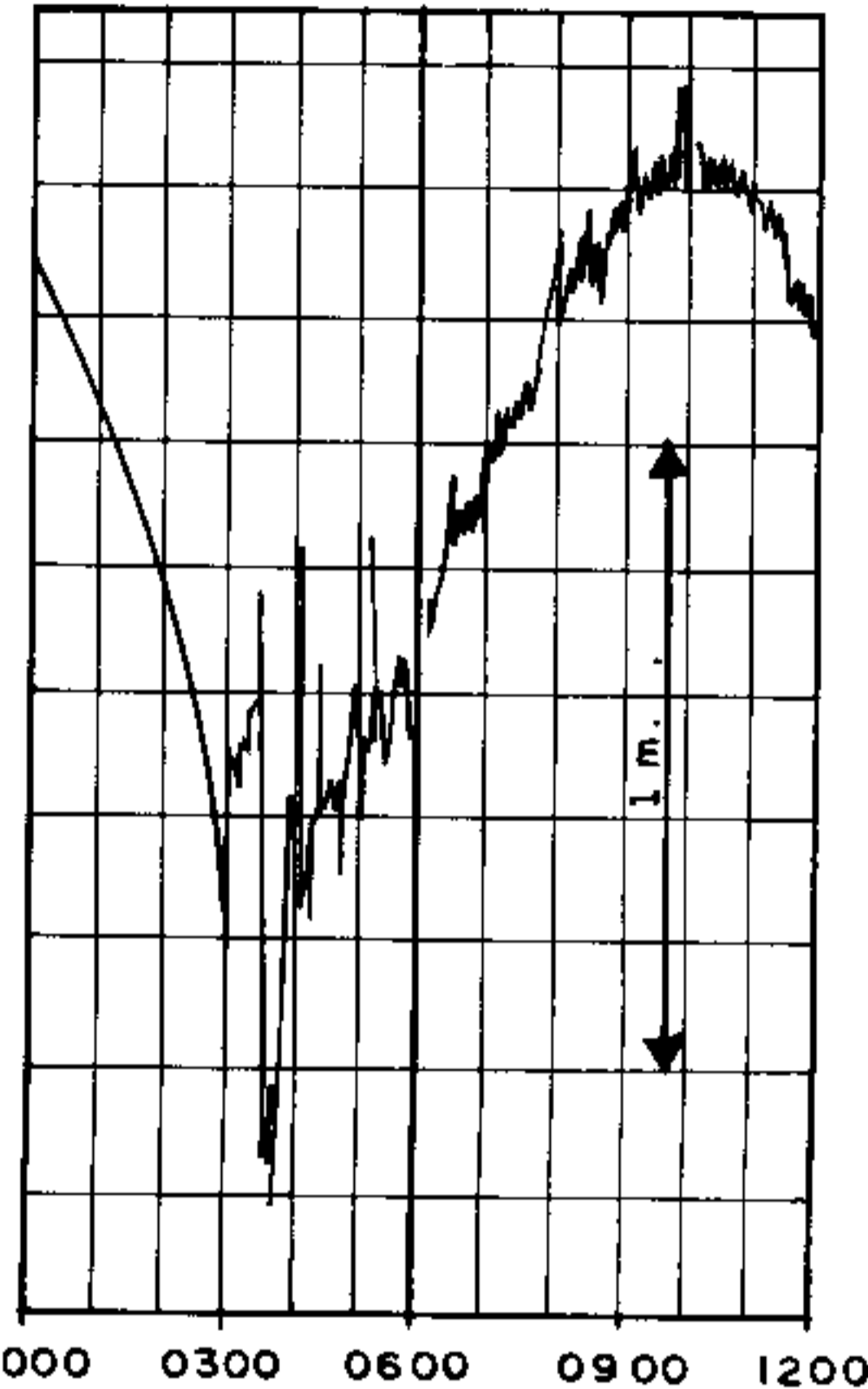


Figura 6 Esquema del registro mareográfico de la Estación de Esmeraldas del Tsunami del 12 de diciembre de 1979.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En la plataforma ecuatoriana, frente a la Provincia de Esmeraldas, ocurren los sismos más fuertes en el Ecuador, superando aún a los terremotos ocurridos al interior del país. La amenaza de futuros tsunamis de origen cercano, es real y permanente a lo largo de toda la costa ecuatoriana como consecuencia de la subducción de la Placa Nazca por debajo de la Placa Sudamericana y de la colisión y consumo de la Cordillera Carnegie frente a la Provincia de Manabí.

Es comprensible, que debido al escaso o ningún desarrollo de la costa ecuatoriana hasta 1960, los tsunamis ocurridos no ocasionaron daños en las costas en que se presentaron, como el tsunami en la Bahía de Santa Elena

de 1933, o el tsunami frente al Golfo de Guayaquil en 1953. Los tsunamis ocurridos en la región fronteriza de Ecuador-Colombia, han ocasionado pocos daños en las costas ecuatorianas debido a que se han presentado durante la marea baja y a que las poblaciones se encuentran protegidas en los canales interiores que conforman la zona estuarina de los ríos Santiago y Mataje. Sin embargo es una seguridad precaria ya que los efectos podrían ser graves si el fenómeno ocurre con la misma magnitud del sismo de, 1906 ($M_s=8.6$) y durante la marea alta, lo que pondría en peligro algunas poblaciones e incluso a la ciudad de Esmeraldas en la que en los últimos 10 años se han poblado extensas zonas bajas ganadas al río.

Debido a que en la actualidad la presencia de un tsunami podría tener graves consecuencias en nuestras costas y estas serán mayores en el futuro, es necesario emprender en un programa organizado de estudios de microzonificación costera de las áreas ya ocupadas, y en especial de las que tienen potencial desarrollo, para minimizar los efectos que puede tener un fenómeno de esta naturaleza.

BIBLIOGRAFIA

- Barazangi, M. and Isacks, B., 1976.** Spatial distribution of earth quakes and subduction of de Nazca Plate beneath South America. *Geology*. Vol.4, p:686-692.
- CERESIS, 1985.** Catálogo de Terremotos para América del Sur. Datos de Hipocentros e Intensidades. Ecuador, Vol.6.
- CERESIS, 1985.** Mapa Neotectónico Preliminar de América del Sur.
- De Miró, M; Ayon, H y Benites, B. 1976.** Morfología y estructura del Margen Continental del Ecuador. Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, p:5-6.
- Iida, K., 1984.** Catalog of Tsunamis in Japan and it's Neighboring Countries. Aichi Institute of Technology, p:31.
- Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, 1979.** Registro mareográfico de la estación de Esmeraldas.
- Lockridge, P. 1984.** Tsunamis in the Pacific Basin 1900-1983. Mapa publicado por National Geophysical data Center.
- Lockridge, P. 1985.** Tsunamis in Perú-Chile. World Data Center a for Solid Earth Geophysics. Report. SE-39, p:14.
- Lomnitz, C; Egred, A; García, M; y Hall, M. 1987.** El terremoto de la zona Centro-Nororiente del Ecuador, 5 de marzo de 1987. CERESIS, Informe Técnico, p:3-9.
- Lonsdale, P. and Klitgord, K.1978.** Structure and Tectonic history of the Eastern Panama Basin. *Geol.Soc. Amer. Bull.* Vol.89, p:981-998.
- Pararas-Carayanis, 1980.** Earthquake And Tsunami of 12 December 1979 in Colombia. *Tsunami Newsletter*, Vol.XIII, N°1.p:1-9.
- Rudolph, E and Szirtes, S. 1911.** El Terremoto Colombiano del 31 de Enero de 1906. Traducción al español de la Universidad del Valle, Cali-Colombia: Publicaciones Ocasionales del OSSO #1. 1991. p:5-10.
- Soloviev, S.L. and Go, Ch. 1984.** Catalogue of Tsunamis on the Estern Shore of the Pacific Ocean. Canada Institute for Cientific and Technical Information. p:144, 151, 163-168, 171-172.
- Suárez, M., 1977.** Introducción a la Nueva Geología. Teoría de Tectónica de Placas. Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago, p:3-10.