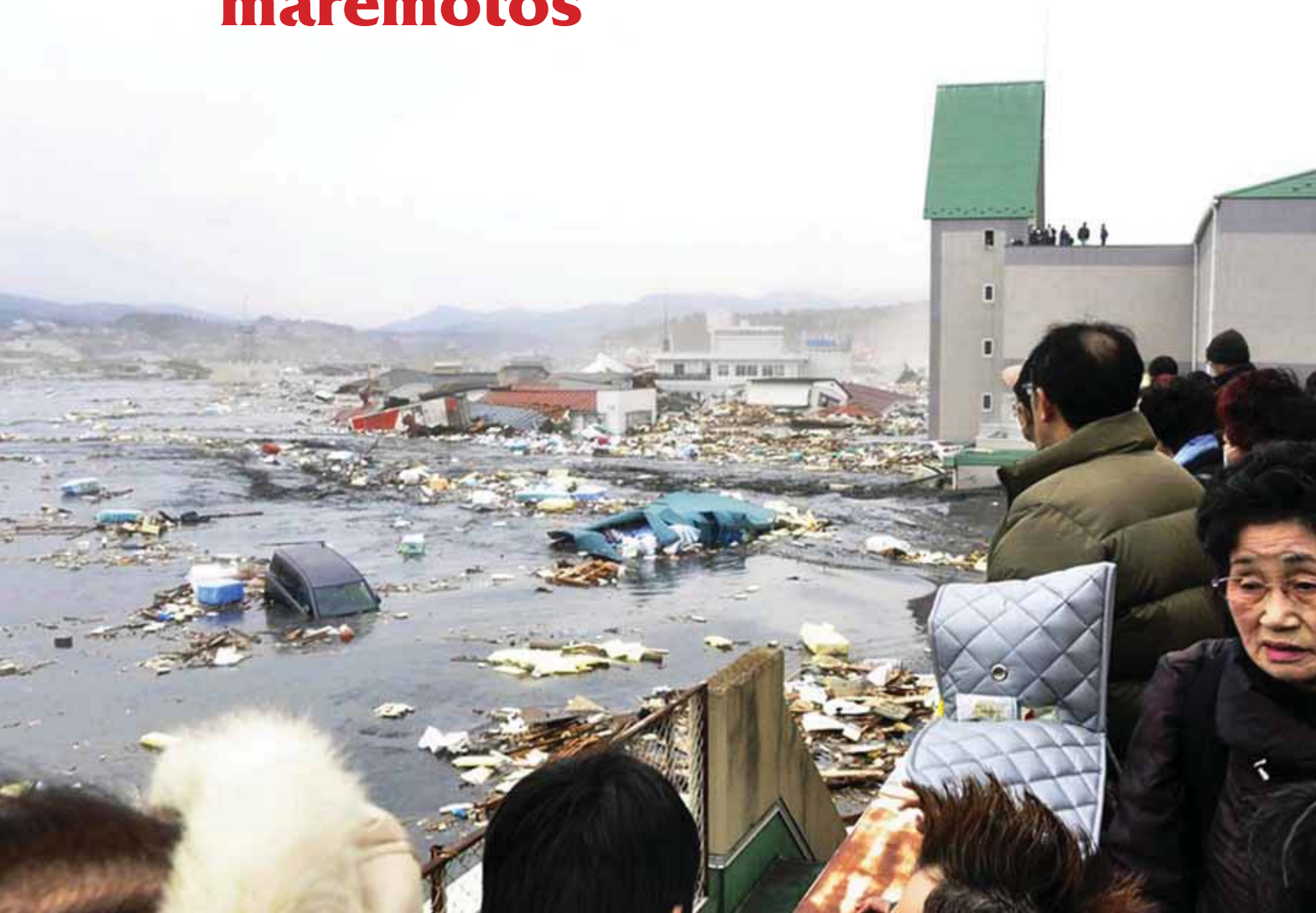


Terremotos y maremotos

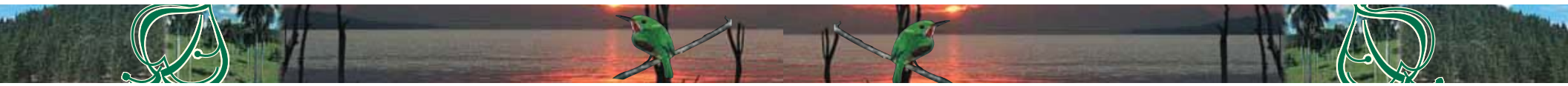
Por: R. OSIRIS DE LEÓN
Ingeniero Geólogo
ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA REPUBLICA DOMINICANA



Resumen

La historia sísmica de la isla Hispaniola registra siete devastadores terremotos ocurridos en los años 1562, 1783, 1842, 1887, 1904, 1946 y 2010, con epicentros en diferentes zonas sísmicamente activas, y tres maremotos ocurridos en Azua (1751), Manzanillo (1842) y Matanzas de Nagua (1946), eventos que tienen un alto riesgo de próxima repetición, principalmente en la zona norte donde los grandes terremotos tienen altas probabilidades de repetirse cada 50-70 años, con el agravante de que no tenemos un plan de ordenamiento territorial, mientras nuestras escuelas, hospitales, iglesias, puentes e importantes edificaciones públicas y privadas se construyen en cualquier lugar y sin tomar en consideración los tipos de suelos y la vulnerabilidad sísmica de las estructuras levantadas sobre los suelos flexibles de mal comportamiento sísmico.

El hecho de que los terremotos de los últimos 450 años destruyeran importantes ciudades dominicanas y haitianas como Santiago, La Vega, Cabo Haitiano, Port de Paix, Mole de San Nicolás y Puerto Príncipe, todas construidas sobre suelos arcillosos y arenosos flexibles; mientras la ciudad Colonial de Santo Domingo, cimentada sobre las rocas calizas coralinas rígidas de la franja sureste de la isla resistió todas esas fuertes sacudidas, es una clara demostración de que el comportamiento de una edificación ante un terremoto no sólo depende de los



elementos estructurales de la construcción, sino del tipo de roca o suelo existente en el horizonte donde se insertan los cimientos de la edificación, el cual se denomina zona de interacción suelo-estructura.

Estas realidades deben conducirnos a la adopción de un Plan de Ordenamiento Territorial, conjugado con una verdadera microzonificación sísmica y la caracterización de las zonas susceptibles a inundaciones por maremotos en nuestras franjas costeras.

Introducción

El sismo de 8.1 en la escala de Richter ocurrido el 4 de agosto de 1946 al noreste de Nagua, el cual generó un maremoto que asoló la comunidad de Matanzas, el sismo de 6.5 grados en la escala de Richter ocurrido el 22 de septiembre de 2003 próximo a Puerto Plata, haciendo colapsar una escuela y provocando daños a muchas edificaciones y el terremoto de 9.0 grados en la escala de Richter ocurrido el 26 de diciembre de 2004 en el noroeste de Sumatra, el cual generó un maremoto que mató más de 280,000 personas en las costas del sudeste asiático y en las costas de África, nos ponen de manifiesto que el planeta tierra se mantiene en constante actividad a lo largo de los bordes de interacción de las placas tectónicas, pero que dentro de esos bordes de interacción, las

zonas de subducción, como las de nuestra costa norte, son las responsables de los mayores terremotos y de posibles subsiguientes maremotos de consecuencias catastróficas no imaginables.

El hecho de que la isla Hispaniola esté localizada en el mismo borde del frente de subducción que define la zona de interacción entre la placa tectónica de Norteamérica y la placa tectónica del Caribe, provoca que toda la isla, pero especialmente la región septentrional, constituida por el valle del Cibao, la cordillera Septentrional y la costa Atlántica, sea considerada como de muy alto riesgo sísmico, lo que se evidencia al pasar revista a la historia sísmica del bloque norte de la isla, donde encontramos múltiples terremotos, seis de ellos considerados como devastadores y ocurridos en los años 1562, 1783, 1842, 1887, 1904 y 1946, motivo por el cual en trabajos anteriores habíamos escrito y publicado que había una altísima probabilidad de que antes del 2005 ocurriese un sismo en la región norte, específicamente entre Monte Cristi y Nagua, lo que fue confirmado por el sismo del 22 de septiembre de 2003, localizado inmediatamente al norte de Puerto Plata.

Pero no obstante el alto riesgo sísmico de nuestro territorio y no obstante los sismos históricos y recientes, el país no está preparado para enfrentar un terremoto de magnitud superior a 7.0 en la escala de Richter, ni mucho menos un maremoto, ya que nuestra sociedad,

nuestras autoridades y nuestros organismos de socorro siempre han subestimado el riesgo sísmico en la República Dominicana, y el Estado no invierte recursos en el establecimiento de una amplia red sísmica, ni en una adecuada microzonificación sísmica de los suelos de las principales ciudades, con especial énfasis en las ciudades del bloque septentrional, ni en la zonificación y señalización de las franjas costeras vulnerables a los maremotos, es decir, nuestro país está desprotegido.

Esta subestimación del riesgo sísmico permite que se levanten torres multipisos en áreas poco aptas, especialmente en aquellas áreas donde el subsuelo está integrado por gruesos mantos de arenas saturadas de agua y con alto riesgo de licuefacción al momento de un sismo importante, o en zonas totalmente arcillosas donde las ondas sísmicas de cizallamiento (Vs) se amplifican y producen extraordinarios daños a las estructuras.

Sismicidad sectorial de la isla

La isla Hispaniola está cortada de noroeste a sureste por 12 grandes fallas regionales que dividen la isla en cuatro importantes fragmentos de placas, de los cuales el

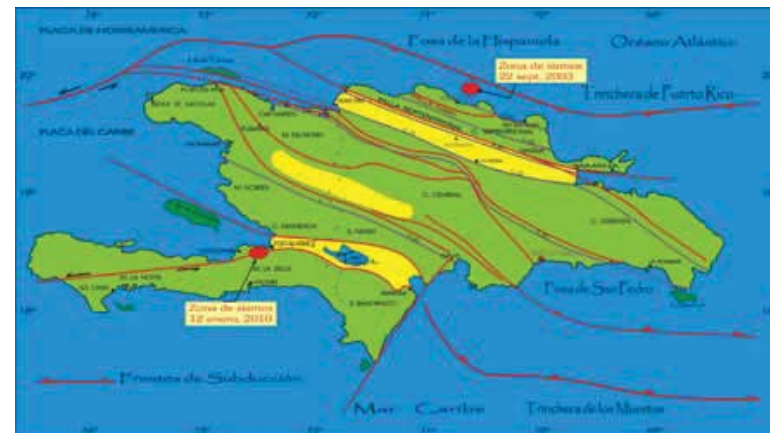
bloque septentrional integrado por el valle del Cibao, la bahía de Samaná, la Cordillera Septentrional, la península de Samaná, la costa Atlántica y el talud insular norte, es el bloque que registra la mayor actividad sísmica de toda la isla y donde se han producido los sismos más devastadores que hemos sufrido en los últimos 450 años.

La falla Septentrional, la falla Camú y la falla del Límite de placas son tres fallas activas que dividen el bloque Septentrional en tres subbloques con disímiles movimientos relativos, algunos transcurrentes y otros cabalgantes, movimientos que generan la acumulación de energía elástica entre fragmentos de corteza terrestre y que al liberar súbitamente tal energía han producido los sismos que nos relata la historia.

El límite sur de este bloque norte está definido por la zona de falla de la Hispaniola, la cual cruza entre la isla Tortuga y Cabo haitiano, penetra a territorio dominicano a través de la bahía de Manzanillo, corta todo el borde norte de la cordillera Central, pasando muy cerca de las presas de Monción, Tavera-Bao-López Angostura, y Rincón, desviándose hacia el sureste hasta terminar próximo a San Pedro de Macorís.



Mapa de sismos en la Hispaniola y Puerto Rico elaborado por el Instituto Sismológico de Mayagüez



Principales lineamientos tectónicos de La Hispaniola y aceleraciones esperadas en caso de un terremoto (R. Osiris de León, 2010).



El segundo gran lineamiento tectónico de este bloque es la falla Septentrional, la cual corre a lo largo del talud sur de la cordillera Septentrional, contribuyendo junto con la zona de falla de la Hispaniola a la formación del graben del valle del Cibao.

A todo lo largo de la falla Septentrional, desde Monte Cristi hasta la bahía de Samaná, se puede apreciar la ausencia casi total de plegamientos o deformaciones asociadas a fenómenos de subducción o de convergencia de placas, ya que en realidad la falla Septentrional es una falla normal buzante hacia el Sur, aunque con movimiento transcurrente continuo, movimiento que ha estado activo desde el Mioceno hasta el presente, debido al movimiento hacia el noreste de la placa del Caribe, con velocidad de 20 milímetros por año.

El tercer fallamiento de importancia es la falla Camú, la cual corre paralela al cauce del río Bajabonico, pasa al sur de la loma Isabel de Torres y sigue el cauce del río Yásica, siendo definida como una falla normal con buzamiento hacia el sur y levantamiento relativo de su lado norte, siendo esta la falla responsable de varios sismos de mediana magnitud.

El fallamiento más importante desde el punto de vista sísmico es el límite de placas que corre al norte de Puerto Plata, el cual ha sido el responsable de los grandes terremotos del pasado histórico, sin embargo, a principios del año 1992, algunos investigadores de la geología del Caribe plantearon que la falla Septentrional representa el límite entre la placa del Caribe y la placa de Norteamérica, criterio que no compartimos, ni antes ni ahora, (De León, 1992) por considerar que el límite de placas está claramente definido en la costa norte de la Hispaniola, donde se concentra la mayor sismicidad, y porque la falla Septentrional es una bifurcación del sistema de fallas que delimita las placas.

Este límite de placas es el fallamiento de mayor magnitud dentro del bloque norte de la Hispaniola, ya que define el frente de subducción a lo largo del cual la placa de Norteamérica penetra continuamente por debajo de la placa del Caribe, manteniendo sísmicamente activa la región norte de la Hispaniola, aunque es más activo

en la franja comprendida entre la zona norte de Río San Juan y la porción central de la fosa de Puerto Rico, razón por la cual, en el presente siglo, se ha concentrado aquí la mayor cantidad de sismos de importancia.

El mapa de epicentros de sismos ocurridos en la Hispaniola entre 1900 y 1973 (Bowin, 1975), registra en esta franja unos 105 sismos con magnitud superior a 4.6 Richter, correspondiendo la mitad al sector Samaná-Río San Juan, donde todos los sismos ocurren a profundidades de 0-70 Km., mientras en la porción sureste de la isla son de 70-150Km.

Igualmente, el mapa que muestra los epicentros de los sismos de mediana magnitud registrados por el Instituto Sismológico Universitario en los últimos 25 años exhibe una extraordinaria actividad sísmica de poca profundidad al norte de Río San Juan, justo en el borde de interacción de placas, confirmando que el borde de placas es más activo en la mitad oriental, y que el movimiento de la placa de Norte América, al penetrar bajo la placa del Caribe, genera sismos más profundos en la franja comprendida entre la bahía de Samaná y la Planicie Costera Oriental.

Pero lo más importante dentro de este bloque septentrional es que la gran mayoría de los centros urbanos están emplazados sobre suelos arcillosos, suelos arenosos o mezclas de arcillas, gravas y arenas, lo que puede provocar un efecto de amplificación del espectro sísmico producto del lento desplazamiento de las ondas longitudinales y de las ondas transversales a través de los suelos, lo que innegablemente podría ser catastrófico para una gran parte de las edificaciones levantadas sobre estos suelos, especialmente las posicionadas sobre suelos arenosos saturados, como la franja Nagua-Las Terrenas, donde podrían presentarse fenómenos de licuefacción de los suelos.

Es por ello que los siete grandes y catastróficos terremotos ocurridos entre 1562 y 2010 destruyeron importantes ciudades dominicanas construidas sobre suelos arcillosos como Santiago y La Vega, al igual que importantes ciudades haitianas como Cabo Haitiano, Port de Paix, Mole de San Nicolás y Puerto Príncipe, mientras la ciudad colonial de Santo Domingo, construida sobre caliza coralina de muy buena calidad, se ha mantenido

de pie, resistiendo cada una de las fuertes sacudidas, en una clara evidencia de que las características de los suelos son determinantes en el comportamiento sísmico de una edificación que es sacudida en sus cimientos.

Como ejemplo es oportuno citar el caso de la escuela Gregorio Urbano Gilbert, de Puerto Plata, la cual sufrió el aplastamiento de su primer piso durante los sismos ocurridos próximo a Puerto Plata el 22 de septiembre de 2003, y donde la medición de las velocidades de propagación de las ondas de compresión mostraron valores del orden de 500 m/seg. en el horizonte superior, lo que indica que allí las ondas de corte viajaron a velocidades inferiores a los 250 m/seg., sugiriendo que se trata de un suelo de muy pobre calidad, no apto para la construcción de una escuela, lo cual se debe a que muchas veces las escuelas públicas son construidas donde alguien dona el terreno o donde se dispone de un terreno de bajo costo, sin importar si ese terreno es apto para tales fines, además de que no se

hacen los estudios correspondientes ni se consideran los efectos de las cargas sísmicas sobre la estructura, y eso es una irresponsabilidad de toda la sociedad, porque pone en peligro la vida de cada uno de los niños que asisten para recibir educación.

Afortunadamente la escuela estaba desocupada porque el primer sismo ocurrió a las 12:45 A.M. con magnitud de 6.5 en la escala de Richter, el segundo a las 1:30 A.M. con magnitud 5.1 en la escala de Richter y el tercero a las 8:39 A.M. con magnitud 4.7 en la escala de Richter y se localizaron al norte de Puerto Plata, y que son producto del empuje hacia el este de la Placa del Caribe.

El sismo de Sumatra y el más trágico maremoto registrado

El 26 de diciembre de 2004, ocurrió un sismo de 9.0 en la escala de Richter, el cual tuvo su epicentro al noroeste

el cuidado al medio ambiente cambia con Orange

Más de 100 antenas provistas de paneles solares en todo el país.
Primer edificio verde del país con más de 90 paneles solares para garantizar autonomía energética.

www.orange.com.do

tu vida cambia con orange

de la isla de Sumatra, en el Sudeste asiático, y generó un maremoto que se extendió unos 5,000 kilómetros por todo el océano Indico hasta llegar a las costas orientales de África, donde mató cientos de personas en la costa de Somalia, Kenia y Tanzania.

Este maremoto mató a más de 280,000 personas en las regiones de Indonesia, Banda Aceh, Sri Lanka, Tailandia e India, producto de la ausencia de un sistema de alerta temprana de maremoto que informara a las comunidades costeras y a los turistas que estaban en las playas, que una ola gigante se aproximaba, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y hasta 7 horas después de haber ocurrido el terremoto causante del desplazamiento de la masa de agua, lo cual es casi inexplicable

con los avances tecnológicos de hoy día, y con el relativo bajo costo del sistema de alerta.

En la madrugada del 11 de abril de 2012, en la zona de Sumatra, se repitieron dos grandes terremotos de magnitud 8.8 y 8.2.

Pero no sólo el océano Indico estaba desprovisto de un sistema de alerta temprana de maremoto, ya que el mar Caribe y el océano Atlántico también estaban desprovistos de este sistema de alerta y en caso de un terremoto de magnitud superior a 8 en la escala de Richter, con epicentro en el fondo marino de nuestra región y pro-

Foto: Fuente externa



fundidad focal inferior a 15 kilómetros, es seguro que se produciría un maremoto, porque ya en el pasado hemos tenido maremotos en Rep. Dominicana, en Puerto Rico y en las antillas menores, donde las olas han alcanzado entre 2 y 4 metros de altura, destruyendo comunidades completas como Azua y Matanzas.

El 27 de febrero de 2010 un sismo de magnitud 8.8 Richter, con epicentro en el océano Pacífico, afectó la zona costera de Chile, generando un maremoto que mató cerca de 450 personas que estaban en la costa; y posteriormente, en fecha 11 de marzo de 2011, un terremoto de magnitud 8.9 Richter, con epicentro en la zona marina de Honshu, al este de Japón, generó un maremoto que mató cerca de 28,000 personas en las zonas cercanas a Sendai, no obstante que desde el mismo momento del registro instrumental del sismo se emitió una alerta de tsunami (maremoto) con la inmediata orden de evacuación.

Pero muchos chilenos y muchos asiáticos recuerdan que en mayo de 1960 ocurrió el mayor sismo registrado instrumentalmente en el planeta tierra, el cual tuvo magnitud de 9.5 Richter, con epicentro en la ciudad de Valdivia, y que generó un maremoto que mató unas 200 personas en Japón, a unos 12,500 kilómetros de distancia del epicentro, donde nunca se sintió la sacudida del terremoto, y como no existía un sistema de alerta de maremoto la gente que vivía en la costa este de Japón fue sorprendida por la furia del tren de olas que procedía desde Chile y había a travessado todo el océano pacífico.

Estos tres grandes terremotos ocurridos en Sumatra, Chile y Japón, entre el 2004 y el 2011, con tan altos números de muertes asociadas a los posteriores maremotos, han provocado que cada vez que ha ocurrido un sismo de mediana magnitud en nuestra isla Hispaniola la gente piense en la posibilidad de un maremoto (tsunami) y el pánico se adueñe innecesariamente de la mayor parte de la población, lo que confirma que hace falta educación sísmica de toda la población.

Hoy día la Rep. Dominicana cuenta con tres boyas de alerta temprana de maremotos, una instalada en el puerto Multimodal de Caucedo, otra instalada en Punta Cana y otra en Puerto Plata, aunque se requieren unas cinco boyas adicionales para cubrir todo el perímetro

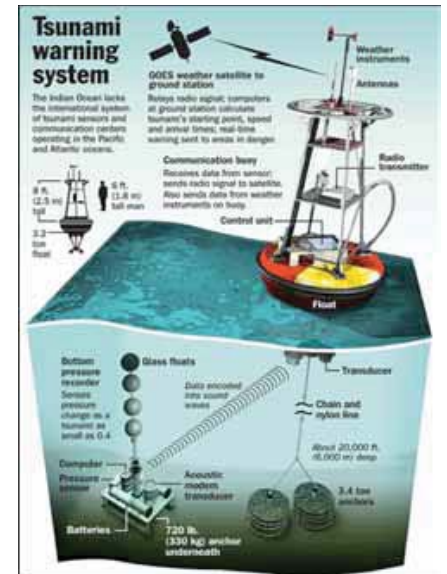


Foto: Fuente externa

costero de la isla Hispaniola, y la señalización de las zonas vecinas a las costas y posicionadas por encima de los 25 metros sobre el nivel medio del mar, de forma tal que las comunidades y los turistas las identifiquen como zonas seguras a donde deberán desplazarse en caso de una alerta de maremoto. Aunque todo esto debe ser combinado con al menos dos simulacros anuales para entrenar adecuadamente a la población.

MAREMOTO: Un maremoto o tsunami se produce cuando un terremoto tiene magnitud igual o superior a 7.0 en la escala de Richter, tiene epicentro en la zona marina y tiene hipocentro a poca profundidad, generalmente a menos de 20 kilómetros, produciendo un movimiento hacia arriba del fondo del mar, y el consiguiente desplazamiento de la masa de agua en forma de un tren de olas que puede viajar a velocidades del orden de 700 kilómetros por hora, incrementando el tamaño de las olas en la medida en que

el fondo del mar está más cerca de la superficie del agua al acercarse a la costa.

Mientras mayor sea la magnitud del sismo y menor sea la profundidad del hipocentro, mayor será la probabi-

lidad de ocurrencia de maremoto/tsunami, y mayor será el peligro en la zona costera del océano o del mar afectado por el maremoto.

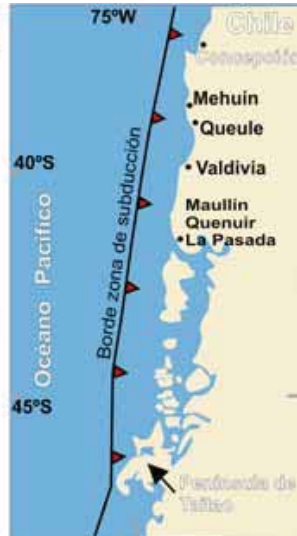
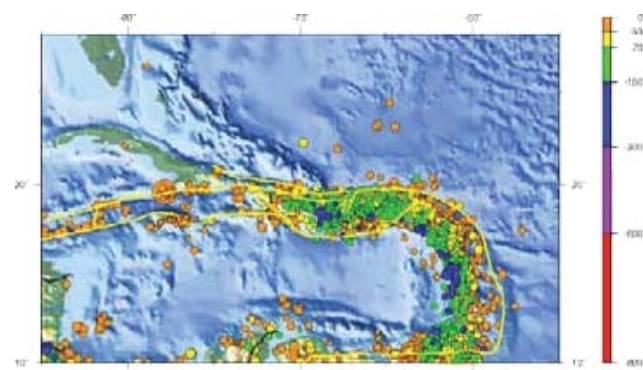
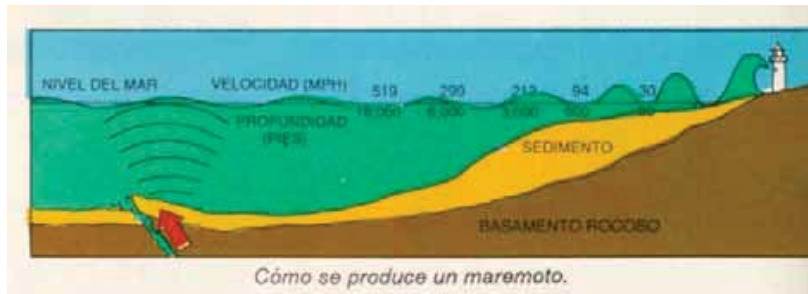


Foto: Fuente externa



Seismicity of the Caribbean, 1990 - 2000

Señalización de zona de peligro de maremoto/tsunami en la franja turística del Viejo San Juan, en Puerto Rico. Foto: Osiris de León