

Los Sismos / Terremotos

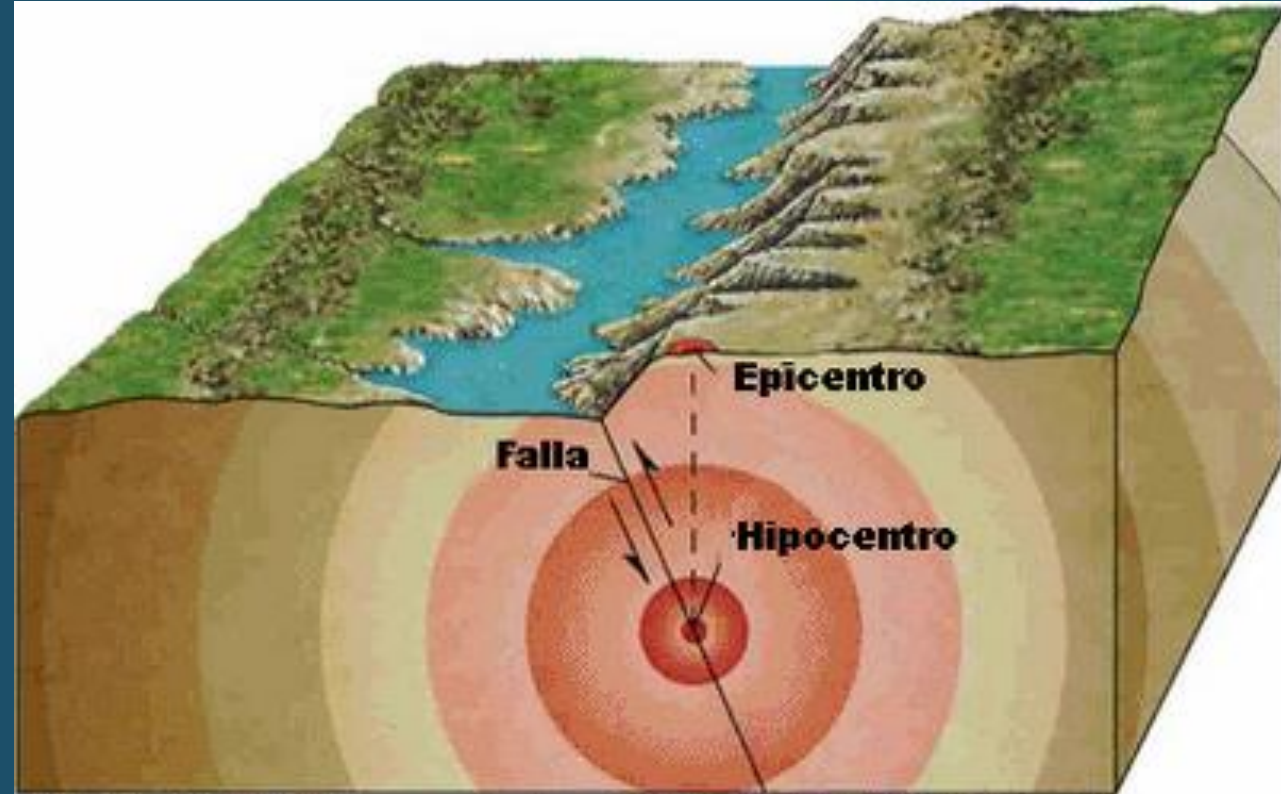
John Efraín Bolaños Moreano

(P.Engineer, M.Sc., M.C.S.M., QP Geo.)

Abril 2016

¿Qué es un Sismo?

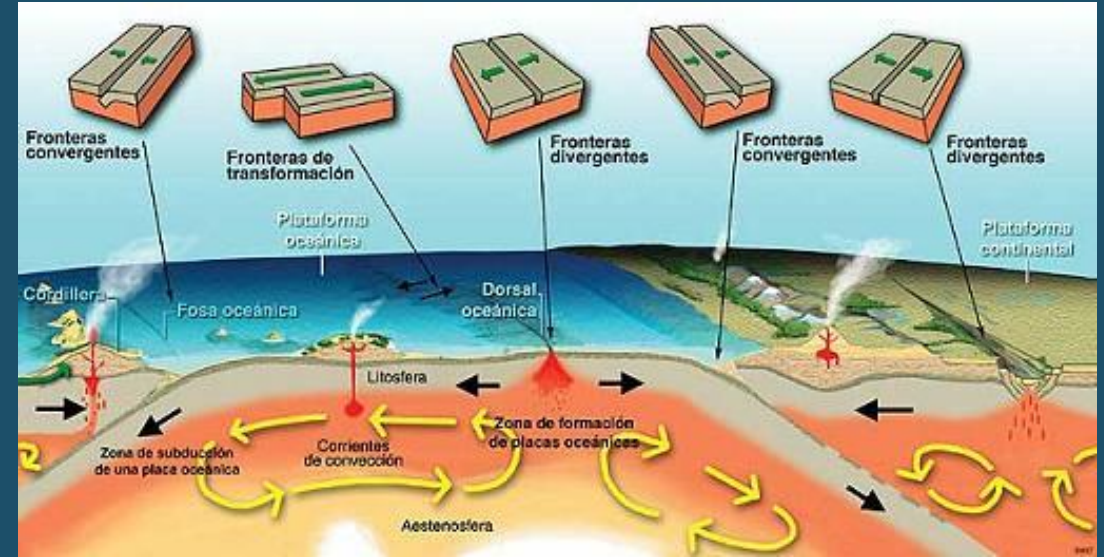
Un sismo es un proceso por el cual se libera de manera súbita una gran cantidad de energía (sísmica), la misma que en su mayoría se expresa mediante ondas concéntricas que viajan desde el interior hacia el exterior de la Tierra.



Mecanismos que producen un Sismo

Dentro de los mecanismos que producen sismos, podemos mencionar en orden de prioridad de magnitud:

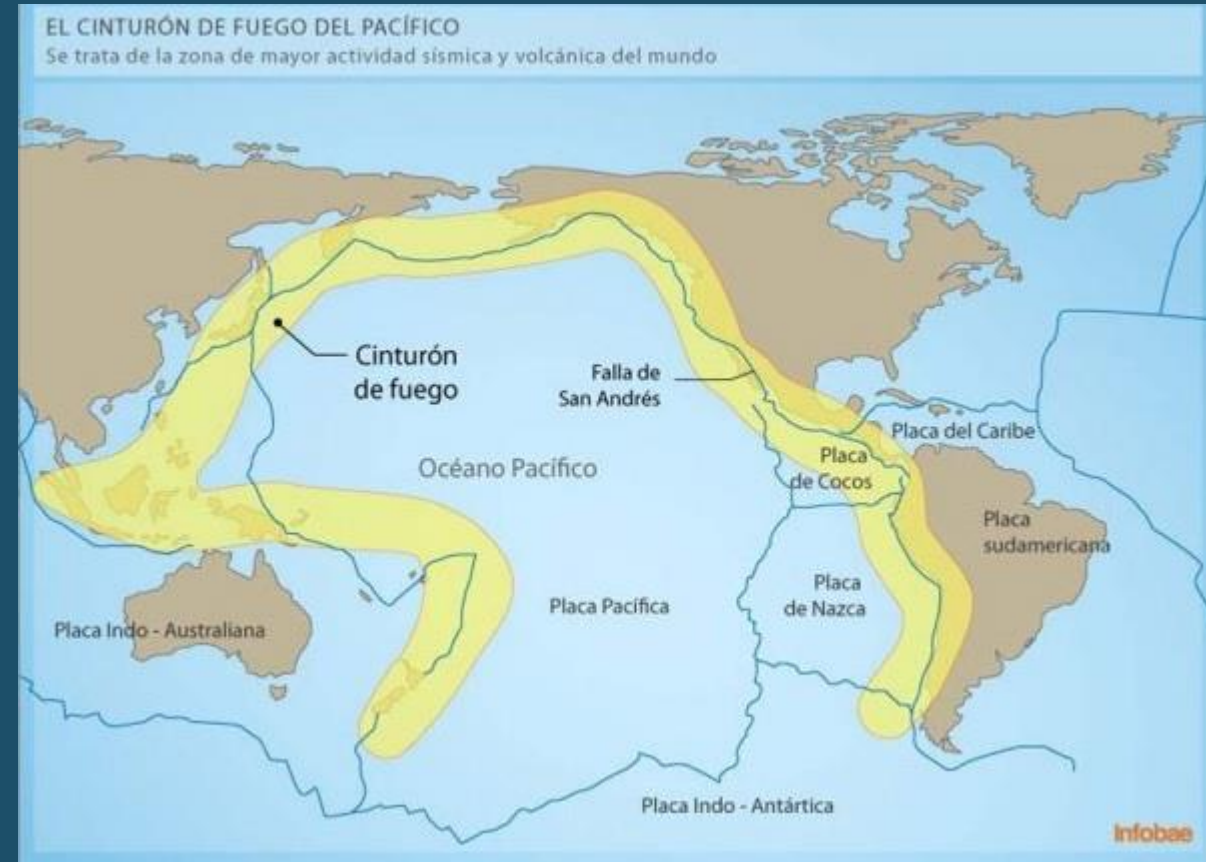
- a) La actividad de las placas tectónicas.
- b) La actividad volcánica,
- c) Los impactos de meteoritos,
- d) La actividad humana (experimentos de explosiones nucleares, etc.).



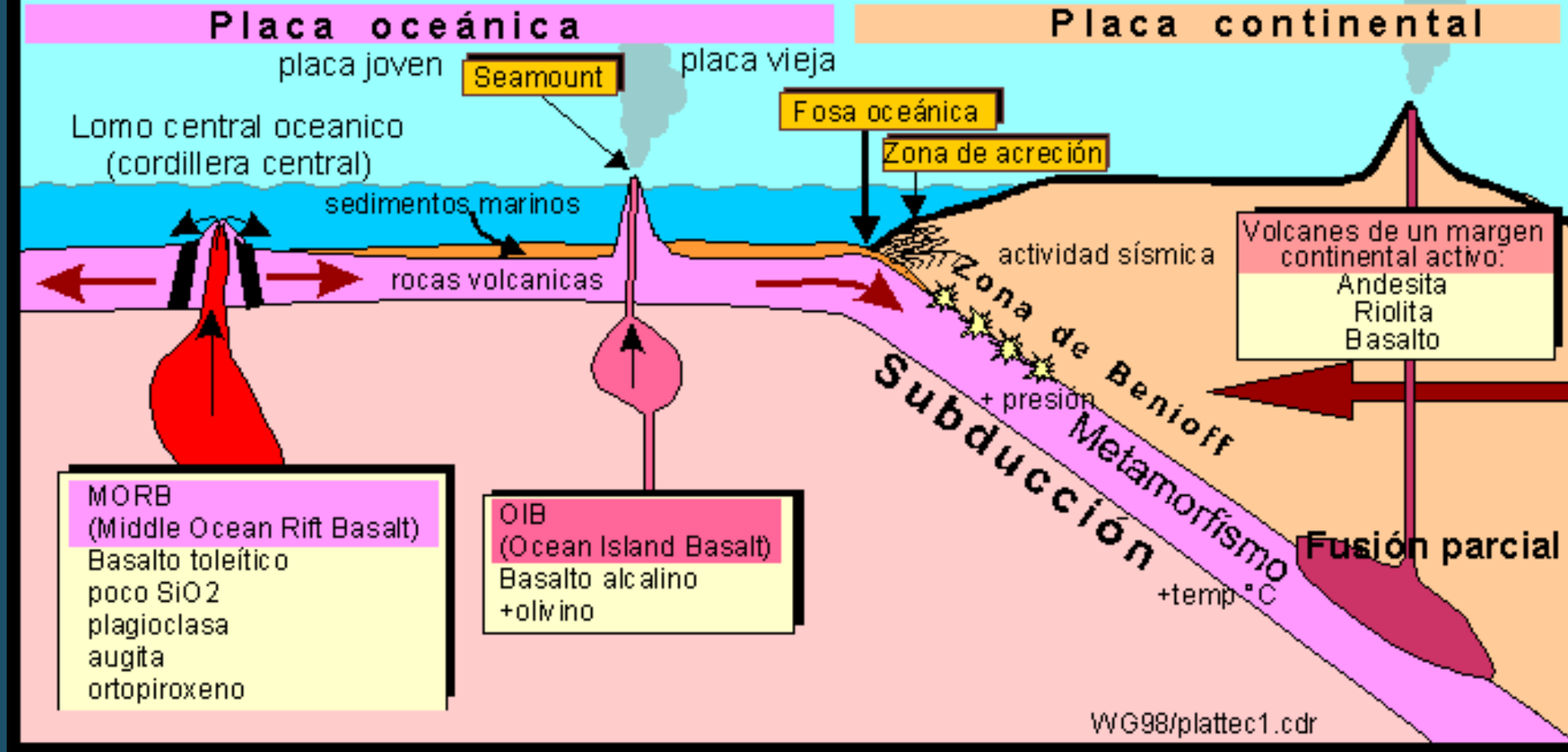
El Cinturón de Fuego del Pacífico

El Ecuador es parte del llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico”; es decir es parte de un proceso en el cual la placa oceánica, compuesta de roca basáltica con densidad de $3,0 \text{ g/cm}^3$ (pesada), se introduce por debajo de la placa continental más liviana compuesta principalmente por rocas metamórficas, intrusivas y volcánicas, con densidad promedio de $2,65 \text{ g/cm}^3$ (más liviana). Este proceso llamado “subducción” sucede en los bordes de todo el Océano Pacífico, en los cuales se han formado cordilleras de volcanes activos (en proceso de erupción) y de ahí su nombre de cinturón de fuego.

El 90% de los terremotos ocurren a lo largo de este cinturón



Margen continental activo y subducción



Formación de cadenas volcánicas. Cinturón de Fuego del Pacífico.

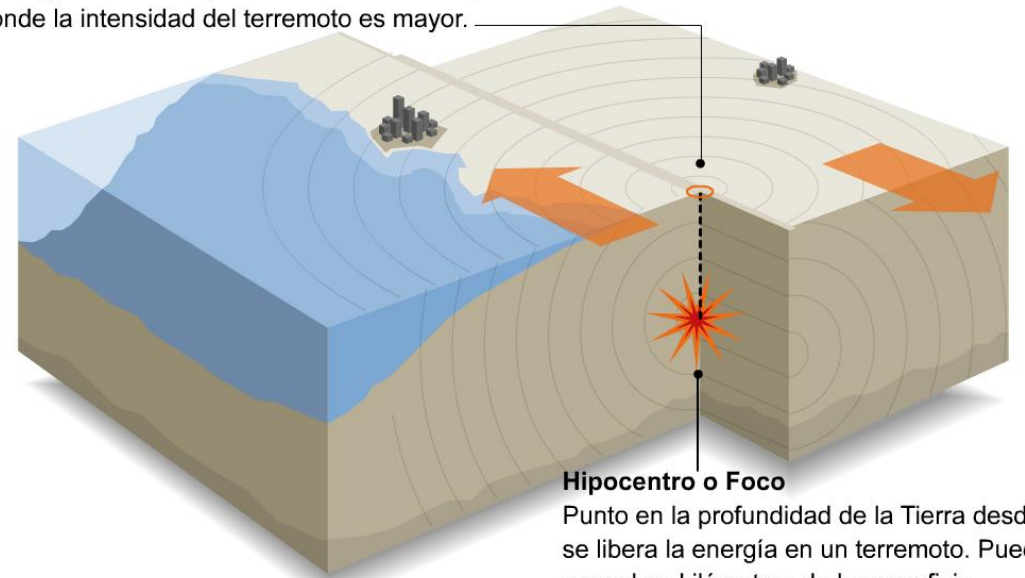
Hipocentro y Epicentro

El Epicentro es el punto en la superficie de la tierra, el cual resulta de la proyección vertical del Hipocentro ubicado a profundidad. Es el punto de la superficie terrestre, en el cual la intensidad del sismo es mayor.

El Hipocentro es el punto en la profundidad de la Tierra desde donde se origina la liberación de la energía de un sismo.

Epicentro

Punto de la superficie de la Tierra que está sobre el hipocentro. Es, generalmente, la localización de la superficie terrestre donde la intensidad del terremoto es mayor.

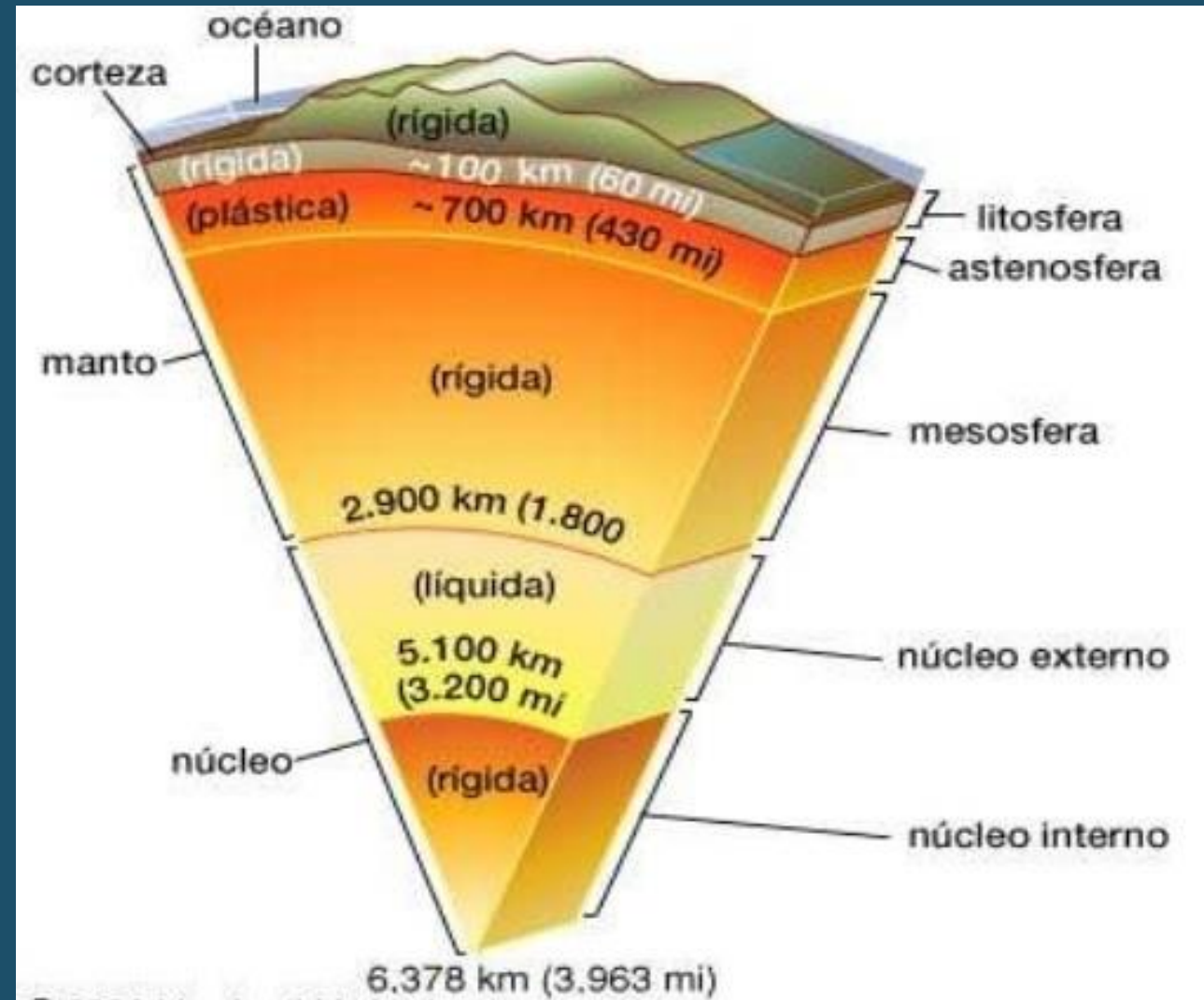


Hipocentro o Foco

Punto en la profundidad de la Tierra desde donde se libera la energía en un terremoto. Puede estar a muchos kilómetros de la superficie.

Estructura Interna de la Tierra

El hipocentro de un sismo generalmente ocurre en la parte más superficial de la estructura del Planeta; es decir en la Astenosfera y Litosfera.



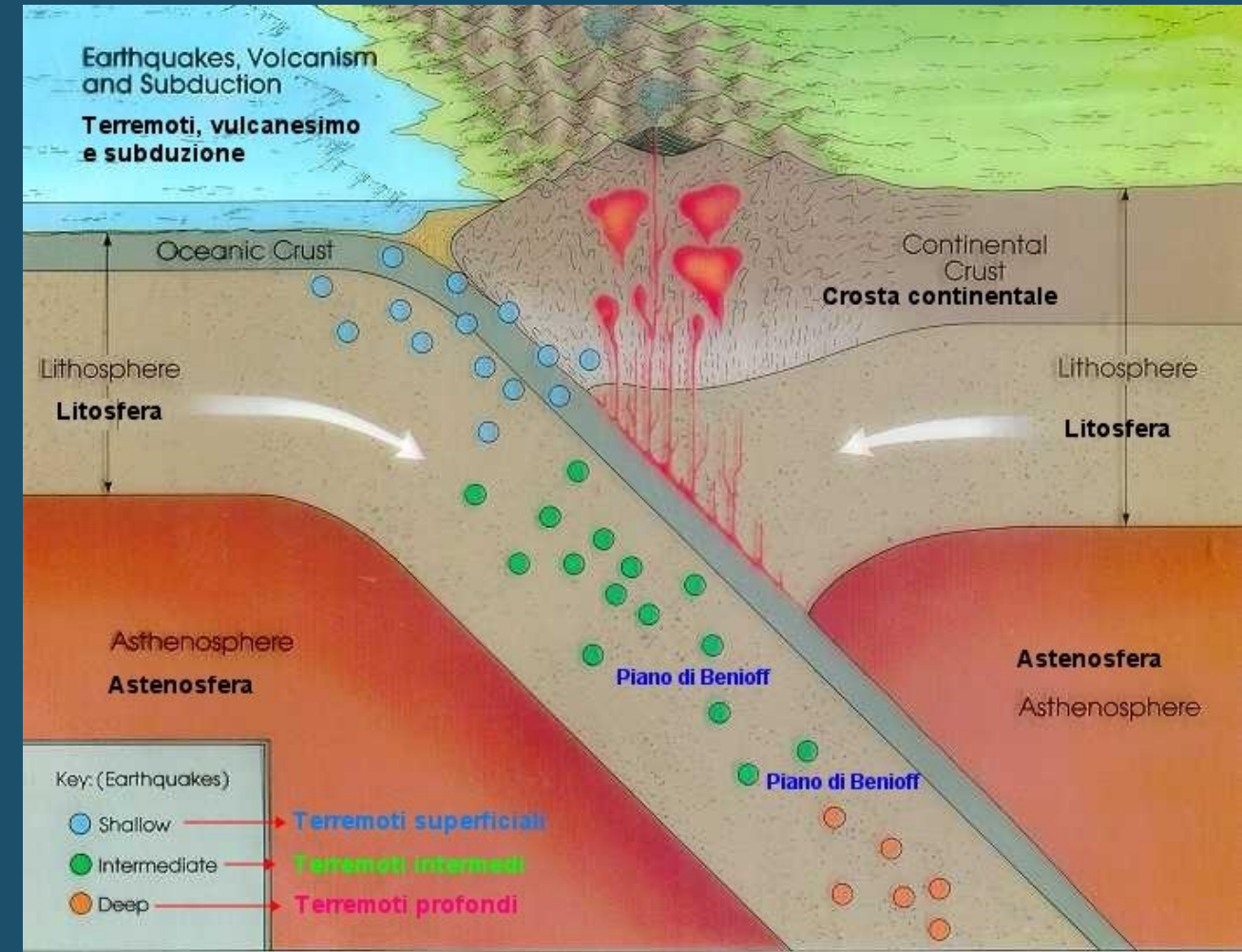
Clasificación de los sismos según la profundidad del hipocentro

Según la profundidad del **hipocentro** (sismos registrados históricamente) , los sismos pueden ser:

a) Superficiales: Cuando el hipocentro está situado entre 0 y 70 km de profundidad. Se originan en las fallas geológicas de la Corteza Continental.

b) Intermedios: Cuando el hipocentro está situado entre 70 y 300 km de profundidad. Ocurren bajo la Corteza asociados a la subducción de la Litosfera.

c) Profundos: Cuando el hipocentro se encuentra a más de 300 km de profundidad. Es decir en la capa de rocas plásticas llamada Astenosfera sobre la cual se mueven (flotan) las placas tectónicas.



Clasificación de los sismos según la Intensidad

Existen varias escalas:

1. **Escala de Richter** (Charles Richter) que clasifica la intensidad de un sismo según la magnitud en escala logarítmica de los daños causados en la superficie por la onda expansiva del sismo producto de la energía liberada.

$$M = \log_{10} A + 3 \log_{10}(8\Delta t) - 2.92 = \log_{10} \left(\frac{A \cdot \Delta t^3}{1.62} \right)$$

Utiliza la amplitud de las ondas en milímetros, el tiempo en segundos desde el inicio de las ondas primarias (P) y de las secundarias (S). Se logra así, calcular la magnitud, arbitraria pero constante, de sismos (terremotos) que liberan la misma cantidad de energía.

Escala de Richter	
Magnitud	Efectos del terremoto
menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero se registra.
3.5 a 5.4	Se siente, pero sólo causa daños menores cerca de donde se produce.
5.5 a 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios mal contruidos y otras estructuras en un radio de 10 km.
6.1 a 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente.
7.0 a 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños a las comunidades en un radio de 100 km.
8.0 o más	Gran terremoto. Destrucción total de comunidades cercanas y daños severos en un radio de más de 1000 km de distancia.

Clasificación de los sismos según la Intensidad

2. Escala Sismológica de Mercalli (Giuseppe Mercalli):

Se trata de una escala de 12 grados que determina la intensidad de los sismos (terremotos) a través de los efectos y daños causados a las estructuras de las edificaciones en la superficie de la Tierra. Se trata entonces de una medida con características cualitativas, más que cuantitativas de la magnitud. Es decir se basa en la apreciación según los daños causados y descritos en la siguiente tabla.

Grado	Descripción
I. Muy débil	Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables.
II. Débil	Perceptible sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar.
III. Leve	Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo reconocen como terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño.
IV. Moderado	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande.
V. Poco Fuerte	La mayoría de los objetos se caen.
VI. Fuerte	Lo perciben todas las personas, muchas personas asustadas suelen correr al exterior, paso insostenible. Ventanas, platos y cristalería dañadas. Los objetos se caen de sus lugares, muebles movidos o caídos. Revoque dañado. Daños leves a estructuras.
VII. Muy fuerte	Pararse es dificultoso. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento.
VIII. Destructivo	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles colapsos. Daño severo en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente fuera de lugar.
IX. Ruinoso	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con colapsos parciales. Edificios desplazado fuera de las bases.
X. Desastroso	Algunas estructuras de madera bien construida destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases. Rieles doblados.
XI. Muy desastroso	Pocas, si las hubiera, estructuras de mampostería permanecen en pie. Puentes destruidos. Rieles curvados en gran medida.
XII. Catastrófico	Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionadas.

Clasificación de los sismos según la Intensidad

3. Escala sismológica de Magnitud de Momento. (Hanks y Kanamori, 1979)

Está basada en la medición de la energía total o neta que se libera en un sismo. Es la más usada para medir y comparar la magnitud de los terremotos de mayor intensidad (sobre los 6,9). Considera el área y desplazamiento de la falla geológica asociada al sismo.

$$M_w = \frac{2}{3} \left(\log_{10} \frac{M_0}{\text{N} \cdot \text{m}} - 9,1 \right) = \frac{2}{3} \left(\log_{10} \frac{M_0}{\text{dina} \cdot \text{cm}} - 16,1 \right)$$

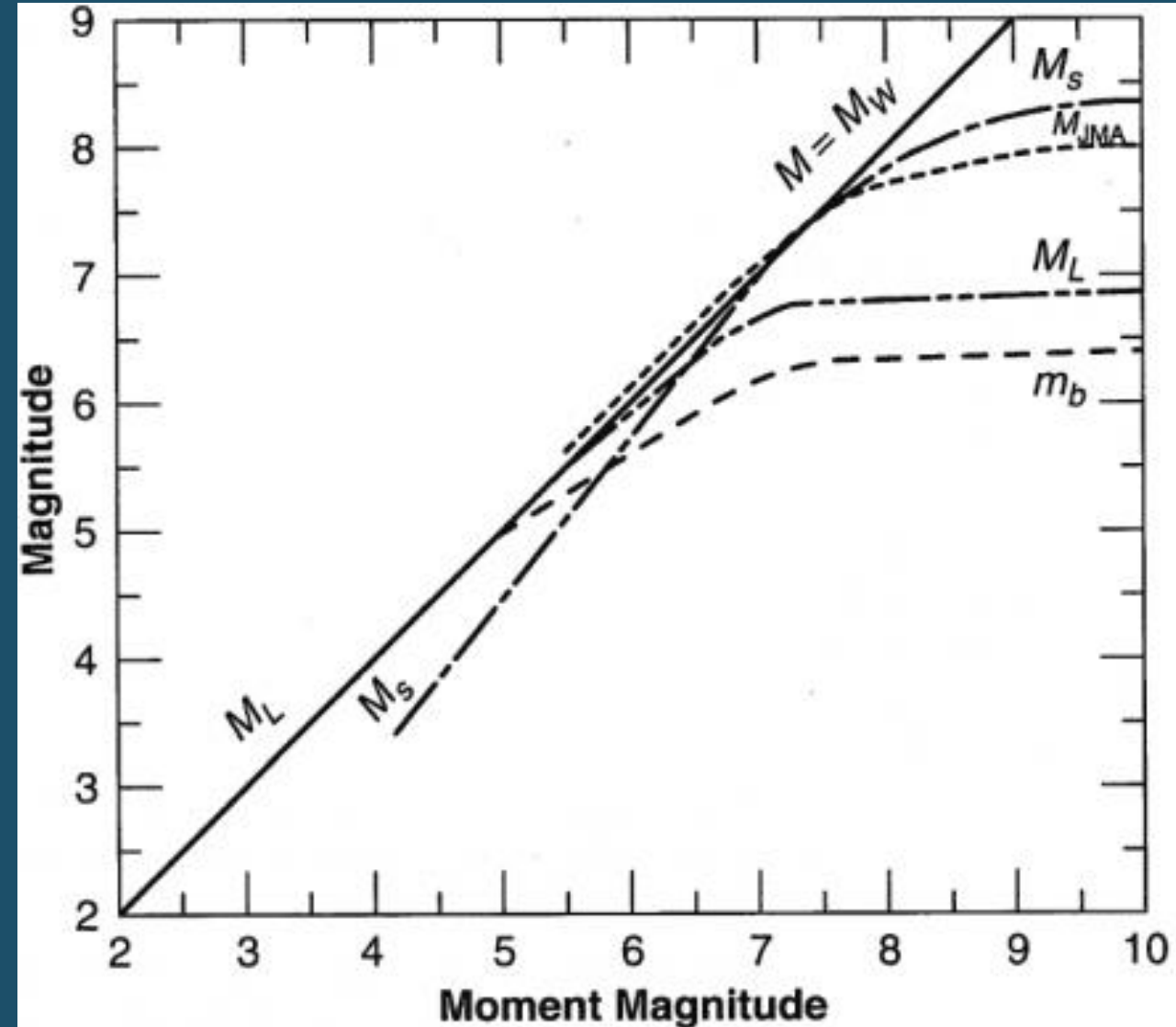
Donde:

Mw = magnitud del momento sísmico

Mo = momento sísmico

N = Newton, y dina (unidades de Fuerza).

N*m y dina*cm (unidades de Trabajo).



Sismo Premonitorio y Réplica

- Generalmente un sismo no ocurre solo.
- Los sismos suceden en conjunto. Sus epicentros ocurren en un lugar geográfico determinado y durante un tiempo determinado.
- En este conjunto de sismos existe uno que tiene mayor magnitud y se lo denomina “el sismo principal”.
- Los sismos de menor magnitud que ocurren antes del sismo principal son conocidos como “Sismos Premonitorios”.
- Los sismos de menor magnitud que ocurren después del sismo principal son conocidos como “réplicas”.
- Las réplicas se originan debido al reajuste de esfuerzos en la zona de ruptura (falla geológica).
- ***No siempre existen sismos premonitorios y/o réplicas; pues éstos dependen de las características geológicas y estructurales de las rocas involucradas.***
- Cuando hay réplicas la frecuencia de éstas suelen presentar patrones conocidos.
- Los sismos premonitorios tienen patrones variables.

¿Cuánto tiempo puede durar un sismo?

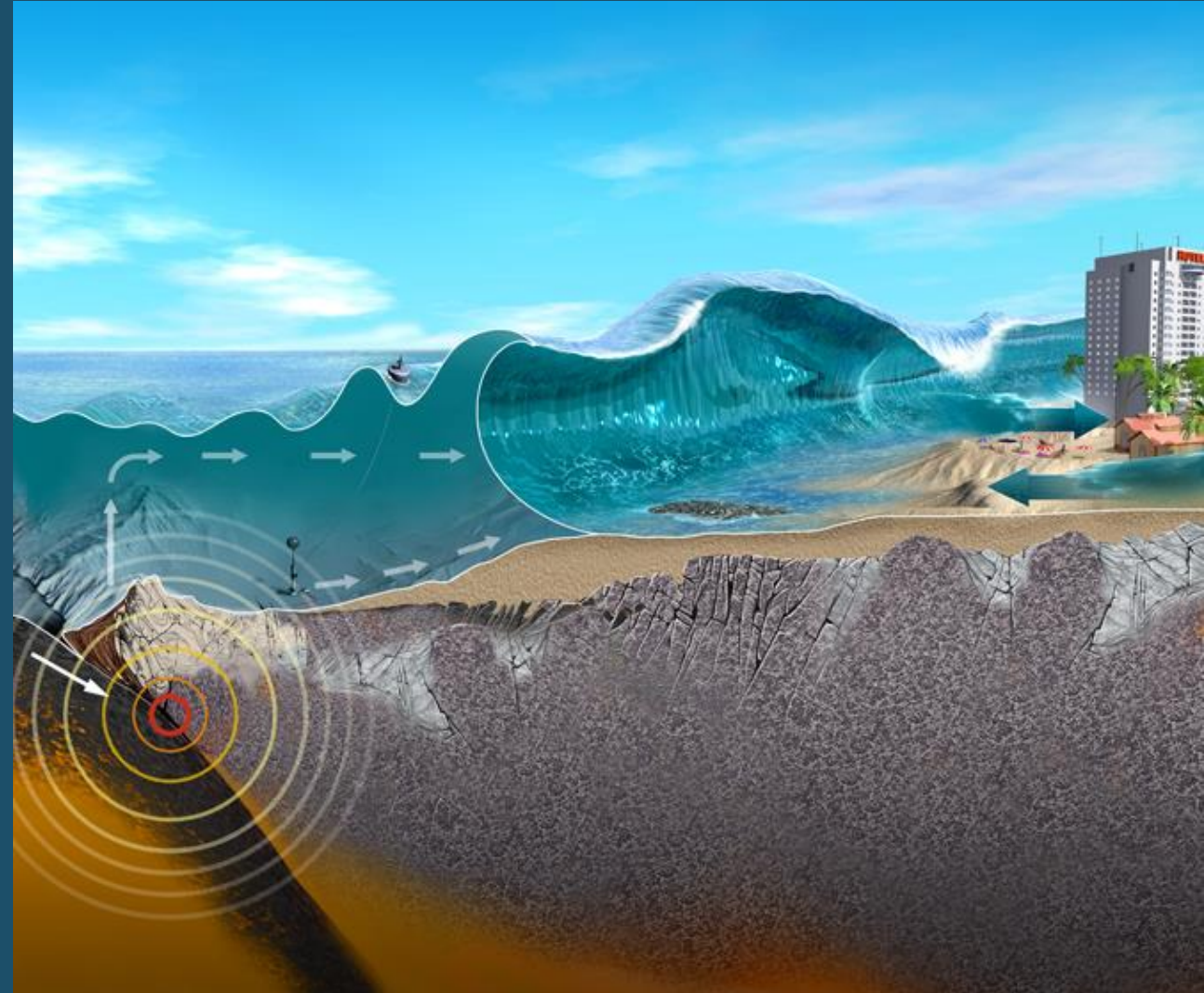
- Generalmente un sismo no dura más allá de 15 segundos. Sin embargo en los registros históricos se han encontrado sismos que han durado mucho más.
- Ejemplo Extremo: El 26 de Diciembre del 2004 las Islas Andamán y Sumatra fueron sacudidas por un terremoto con escala de 9,3 grados en la escala de Richter y tuvo una duración de casi 10 minutos. El evento desató una serie de tsunamis devastadores que afectaron las costas de los países que bordean el Océano Índico.
- En el Cinturón de Fuego del Pacífico, todos los días ocurren sismos de menor magnitud (menores a 3.5 grados en la escala de Richter), que no son percibidos por el ser humano pero que si son registrados en las estaciones sísmicas de los Servicios Geológicos de los países.

¿Están los sismos relacionados a fenómenos atmosféricos?

- En general no.
- El comportamiento climático ocurre en las capas atmosféricas que dependen mayormente del Sol.
- El cambio de estación climática tampoco incide en la ocurrencia de un sismo.
- Los sismos están directamente relacionados con el comportamiento geológico interno de la Tierra.
- Los sismos están relacionados con el movimiento de las placas tectónicas.
- Las placas tectónicas se mueven (deriva continental) debido a la diferencia de temperatura o gradiente térmico interno de la Tierra.
- El gradiente térmico interno de la Tierra se genera debido a las grandes fuerzas gravitacionales y a los procesos de fusión nuclear que se desarrollan en el interior del planeta.

¿Qué es un maremoto o tsunami?

- Maremoto y Tsunami son equivalentes.
- Se trata de un evento natural que ocurre en los mares y que involucra un grupo de olas de gran energía y de tamaño variable (varios metros de alto), que se producen por efecto de un movimiento telúrico (terremoto) o algún fenómeno extraordinario (Ej. caída de un meteorito), lo cual ocasiona el desplazamiento vertical de una gran masa de agua.
- Este tipo de olas remueven una cantidad de agua muy superior a las olas superficiales producidas por el viento.
- Los terremotos producen más del 90% de los tsunamis (maremotos tectónicos)



Mapa Sísmico del Ecuador

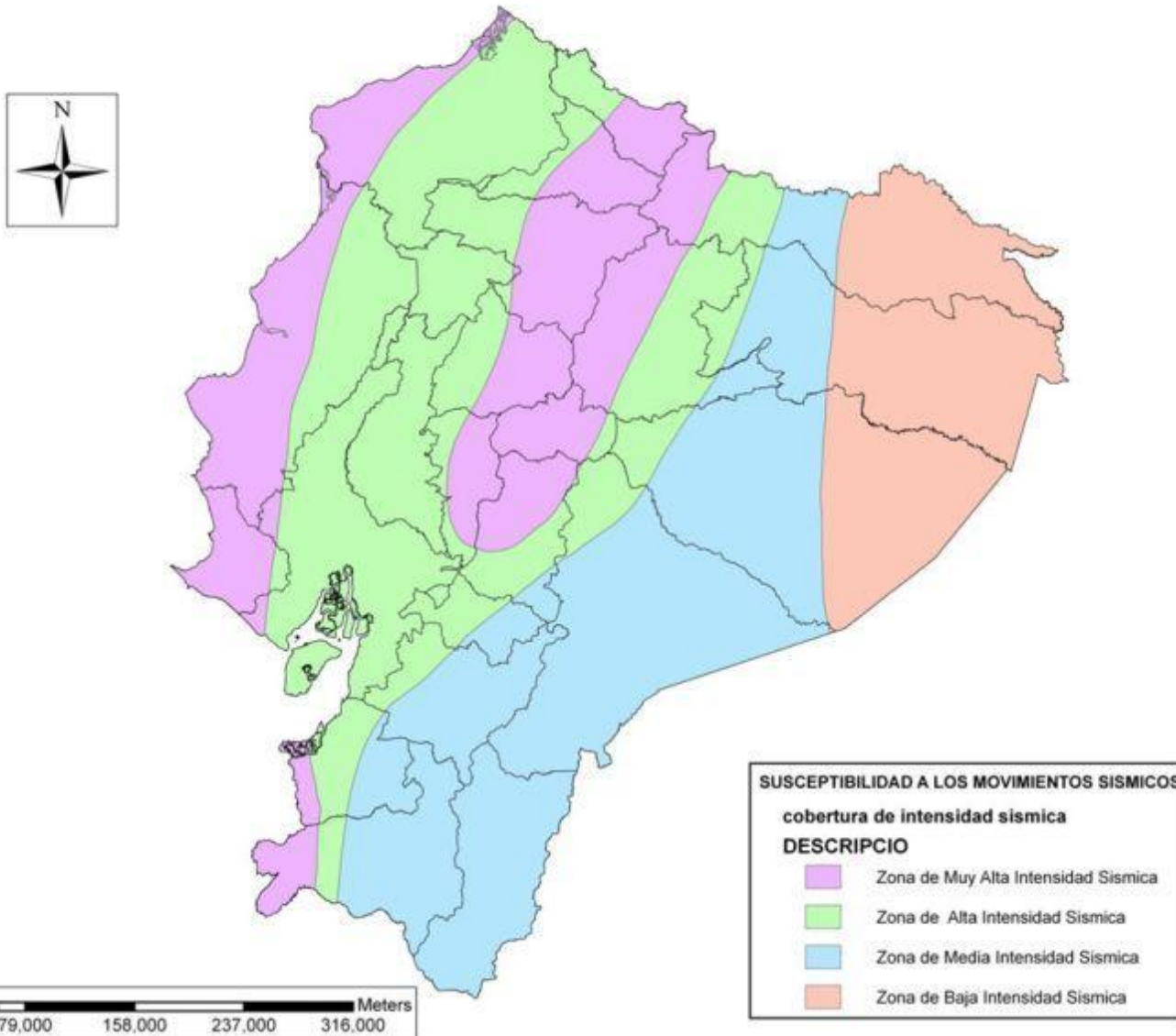


- Se trata de un mapa de inventario de los epicentros registrados a través de la historia sísmica del Ecuador.
- En él se puede visualizar que los epicentros por encima de 7,0 grados (puntos rojos y negros) corresponden a terremotos mayores, demostrando así las zonas de mayor probabilidad sísmica.
- Los registros o descripciones de sismos datan desde 1541 registrándose un centenar de terremotos mayores que han ocasionado grandes destrucciones en el Ecuador cuyas perdidas humanas (más de 80,000 personas) y económicas son cuantiosas.

Fuente: Instituto Geofísico de la EPN, 2016

Mapa Sísmico del Ecuador

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS SISMICOS EN EL ECUADOR



- En este mapa se puede ver que las zonas Costera (incluyendo la plataforma continental) y el sector del Valle Interandino registran la mayor cantidad de epicentros de mayor magnitud en la historia sísmica.
- Ciudades como Esmeraldas, Manta, Salinas, Machala, Tulcán, Ibarra, Quito, Latacunga, Ambato y Riobamba estarían en inminente peligro de la ocurrencia de un terremoto de gran magnitud en cualquier tiempo.
- Otras ciudades como Sto. Domingo, Guaranda, Babahoyo, Guayaquil y Tena, tampoco estarían exentas de sismos de alta intensidad.

Fuente: Instituto Geofísico de la EPN, 2016

REGISTRO HISTÓRICO DE TERREMOTOS EN ECUADOR

Fuentes: <http://es.earthquaketrack.com>; Catálogo Sismos Ecuador, EPN, 1981

AÑO	MES Y DÍA	INTERVALO DE TIEMPO EN AÑOS	UBICACIÓN DEL EPICENTRO	MAGNITUD INDICADA O INFERIDA	PROFUNDIDAD DEL HIPOCENTRO (Km)
1587	Agosto 31		San Antonio de Pichincha, Pichincha, Ecuador	8.9	NA
1645	Marzo 15	58	Quito y Riobamba, Ecuador	8.5	NA
1674	Agosto 29	29	Chimbo, Bolívar, Ecuador	8.3	NA
1687	Noviembre 22	13	Ambato, Tungurahua, Ecuador	8.5	NA
1698	Junio 20	11	Ambato, Tungurahua, Ecuador	8.0	NA
1736	Diciembre 06	38	Pujilí , Cotopaxi, Ecuador	7.5	NA
1757	Febrero 22	21	Latacunga, Cotopaxi, Ecuador	8.3	NA
1797	Febrero 04	40	Riobamba, Chimborazo, Ecuador	9.0	NA
1834	Enero 20	37	Tulcán, Carchi, Ecuador	7.3	NA
1868	Agosto 15	34	Tusa, Carchi, Ecuador	8.5	NA
1868	Agosto 16	0	Cotacachi, Ibabura, Ecuador	9.0	NA
1896	Mayo 03	28	Canoa, Manabí, Ecuador	7.5	NA
1906	Enero 31	10	Esmeraldas y Frontera Ecuador - Colombia	8.5	NA
1911	Septiembre 23	5	Chimborazo, Ecuador	7.1	NA
1913	Febrero 23	2	Molleturo, Azuay	7.8	NA
1914	Mayo 31	1	Pichincha, Ecuador	7.5	NA
1922	Junio 17	8	Puerto Nariño, Amazonas, Colombia	7.9	475.0
1923	Diciembre 16	1	Carchi, Ecuador	8.5	NA
1926	Diciembre 18	3	Tulcán, Carchi, Ecuador	8.0	NA
1929	Julio 25	3	Pichincha, Ecuador	7.5	NA

AÑO	MES Y DÍA	INTERVALO DE TIEMPO EN AÑOS	UBICACIÓN DEL EPICENTRO	MAGNITUD INDICADA O INFERIDA	PROFUNDIDAD DEL HIPOCENTRO (Km)
1938	Agosto 10	9	Valle de los Chillos, Pichincha	7.0	NA
1942	Mayo 14	4	Pedernales, Manabí, Ecuador	7.8	20.0
1949	Agosto 05	7	Pelileo, Ambato (Tungurahua)	9.0	NA
1953	Diciembre 12	4	Zorritos, Tumbes, Perú	7.3	25.0
1955	Julio 20	2	Imbabura, Pichincha	7.3	NA
1956	Enero 16	1	Tosagua, Manabí, Ecuador	7.0	20.0
1958	Enero 19	2	Esmeraldas, Ecuador	7.6	27.0
1958	Febero 01	0	Valdez, Esmeraldas, Ecuador	6.9	15.0
1960	Noviembre 20	2	Mórrope, Lambayeque, Perú	7.6	15.0
1964	Mayo 19	4	Manabí	7.5	NA
1970	Diciembre 10	6	Papayal, Tumbes, Perú	7.2	25.0
1971	Julio 27	1	Sucúa, Morona Santiago, Ecuador	7.4	120.0
1979	Diciembre 12	8	Valdez, Esmeraldas, Ecuador	7.7	24.0
1987	Marzo 06	8	Pimampiro, Imbabura, Ecuador	7.2	10.0
1995	Octubre 02	8	Sucúa, Morona Santiago, Ecuador	7.0	24.0
1997	Octubre 28	2	Barranca, Loreto, Perú	7.2	112.0
1998	Agosto 04	1	Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador	7.1	33.0
2005	Septiembre 25	7	Yurimaguas, Loreto, Perú	7.5	115.0
2010	12 Agosto	5	Tena, Napo, Ecuador	7.1	206.0
2013	Febrero 9	3	Yacuanquer, Nariño, Colombia	6.9	145.0
2016	Abril 16	3	Pedernales, Manabí	7.8	19.0

Aspectos Generales

- No es suficiente algunos siglos para saber si la actividad sísmica se incrementa o disminuye a través del tiempo. La unidad de la escala geológica es 1 millón de años.
- Es muy probable que en el pasado hayan quedado muchos sismos y terremotos sin registrar.
- La actividad sísmica de la Tierra continúa y continuará activa.
- Desde el punto de vista científico NO se puede predecir cuando ocurrirá el siguiente sismo o terremoto. Sin embargo se pueden hacer inferencias en base a datos estadísticos con un grado de incertidumbre muy alto.
- ¿Qué se debe hacer después de un terremoto? Evaluar cuidadosamente la vivienda, estar atento a las noticias y obedecer las instrucciones de los organismos oficiales de auxilio, emergencias, rescate y seguridad.

Conclusiones

- El Ecuador es parte del Cinturón de Fuego del Pacífico.
- Se puede decir que la ocurrencia de sismos en el Ecuador y todos los países ubicados en el Cinturón de Fuego del Pacífico es considerado normal.
- Un sismo premonitorio puede ser el indicio de un sismo principal de mayor magnitud, pero no siempre debe ocurrir.
- Un sismo premonitorio debería activar la alerta de seguridad ciudadana.
- Las réplicas siempre son de menor magnitud y no necesariamente tienen que ocurrir.
- La mayoría de los sismos caen en el rango de baja intensidad lo cual no es percibido por el ser humano pero si registrados por los sismógrafos.
- Los sismos relacionados a fallas superficiales y locales son generalmente de baja o mediana intensidad (Ej. Falla de Quito).
- Los sismos cuyos epicentros se encuentran en la costa tienen un hipocentro cercano a la superficie o poco profundo; generalmente menor a 30 Km.

Recomendaciones

- Es necesario tomar conciencia respecto del aspecto sísmico del país con miras a la arquitectura y construcción antisísmica que debe ser obligatoriamente implementada. Ej. Copiar técnicas de Japón.
- Se debe incluir la materia de Sísmica en el sistema general de educación.
- Todo el tiempo se debe estar capacitando en materia de seguridad, prevención y medidas a tomar en casos de ocurrencias de sismos de alta intensidad.
- La cultura del sismo debe ser promovida a lo largo y ancho del país y la población debe saber convivir con esta realidad natural.
- Se debe invertir recursos en prevención más que en remediación de catástrofes.
- La creación del Servicio Geológico del Ecuador es imperiosa y necesaria. Son estos organismos los que monitorean constantemente todos los factores geo-naturales y se colaboran entre si a nivel Mundial.

FIN