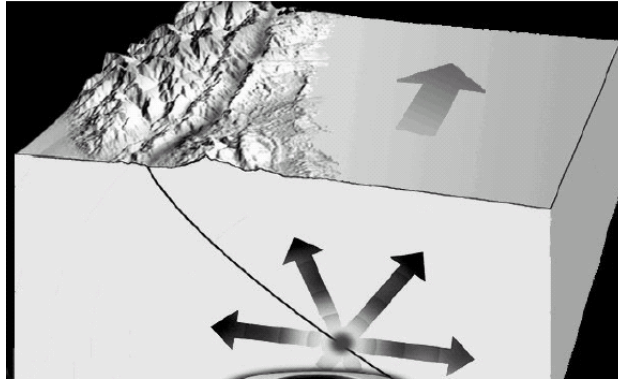


TIPOS DE SISMOS

Interplaca: fricción en las zonas de contacto entre placas
Intraplaca: se generan en la parte interna de las placas

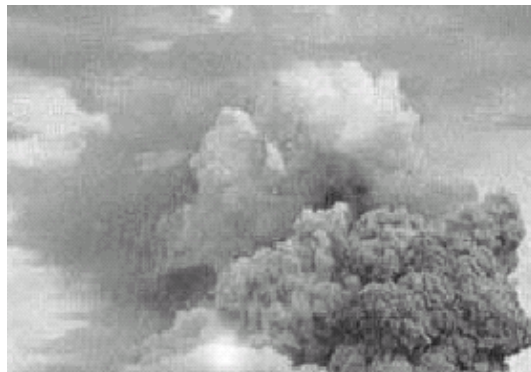
Naturales
(liberan mayor cantidad de energía)

Tectónicos
Se generan por interacción de placas tectónicas

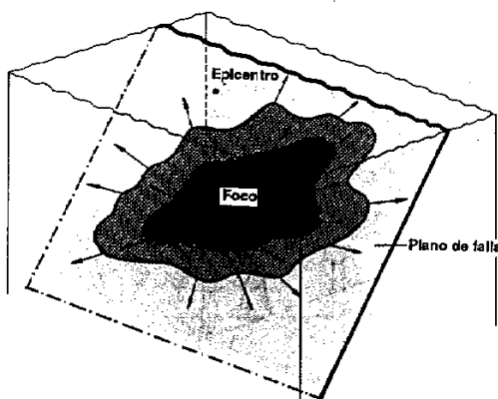


Volcánicos: son simultáneos a erupciones volcánicas; principalmente los ocasiona el fracturamiento de rocas debido a movimiento del magma. No son tan grandes como los tectónicos.
de Colapso: se generan por derrumbamiento del techo de las cavernas y minas. Se sienten en un área reducida.

Artificiales
(producidos por el hombre)



TERREMOTOS - SISMOS – TEMBLORES – SEISMOS



Mecanismo de los terremotos

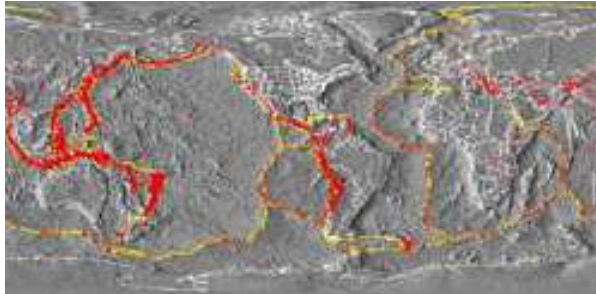
Un terremoto es el movimiento brusco de la tierra, causado por la brusca liberación de energía acumulada durante un largo tiempo.

En general se asocia el término terremoto con los movimientos sísmicos de dimensión considerable, aunque rigurosamente su etimología significa "movimiento de la tierra".

Los terremotos pueden definirse como movimientos caóticos de la corteza terrestre, caracterizados por una dependencia en el tiempo de amplitudes y frecuencias. Un terremoto se produce debido a un choque producido a una cierta profundidad bajo la superficie terrestre en un determinado punto llamado foco o hipocentro. A la proyección del foco sobre la superficie terrestre se le denomina epicentro. En la

figura se señalan algunas distancias relacionadas con el fenómeno sísmico, tales como la distancia epicentral d_1 o d_2 , la distancia focal r y la profundidad focal h

Un ejemplo mas concreto del mecanismo de un terremoto se expresa en la figura. Se puede observar que la rotura se origina en el foco y se propaga por el plano de la falla, se ilustra también el epicentro y la traza de la falla en la superficie terrestre

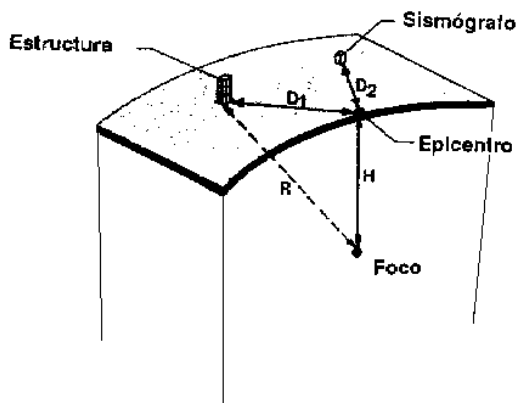


La figura muestra la ubicación de los sismos que ocurren en el planeta (en rojo hipocentros profundos, $H > 100$ km; en amarillo sismos con profundidad focal $H < 100$ km).

Hipocentro (o foco): Es el punto en la profundidad de la Tierra desde donde se libera la energía en un terremoto. Cuando ocurre en la corteza de ella (hasta 70 km de profundidad) se denomina superficial. Si ocurre entre los 70 y los 300 km se denomina intermedio y si es de mayor

profundidad: profundo (recordemos que el centro de la Tierra se ubica a unos 6.370 km de profundidad).

Epicentro: Es el punto de la superficie de la Tierra directamente sobre el hipocentro. Es, generalmente, la localización de la superficie terrestre donde la intensidad del terremoto es mayor. Las características de la falla, sin embargo, pueden hacer que el punto de mayor intensidad esté alejado del epicentro.



Características de un terremoto

Se aprecia que la actividad sísmica mundial no presenta una distribución hipocentral homogénea. Esta actividad sísmica pone en evidencia las regiones de "roce" entre las Placas Tectónicas como resultado al movimiento que estas presentan sobre la superficie del globo.

Estas Placas corresponden a la capa más superficial de las estructuras internas que constituyen la tierra. Su número es del orden de una decena y forman un verdadero mosaico sobre la superficie del planeta.

¿Por qué se producen los terremotos en la Tierra?

A pesar que los terremotos a la escala humana nos parecen fenómenos bruscos, agresivos y en ocasiones de gran envergadura con un marcado carácter de incertidumbre, éstos a la escala de los fenómenos que tienen lugar en el planeta, corresponden a suaves y lentos procesos que responden a una dinámica interna la que por siglos ha atraído la curiosidad de los hombres.

Es quizás debido a lo inesperado de su ocurrencia, o tal vez a su inusual potencia destructiva a la cual no estamos cotidianamente enfrentados a experimentar, que los terremotos corresponden a uno de los fenómenos naturales que más impacta al ser humano, tanto en su dimensión social como en lo personal.

Comúnmente se suele asociar el término terremoto a "sacudidas de la superficie de la Tierra" o "vibraciones debido al paso de ondas elásticas causadas por bruscos movimientos en el interior de la tierra" (definición que se encuentra en los diccionarios). Sin embargo, la ciencia usa el concepto terremoto aplicándolo al fenómeno que tiene lugar en la fuente misma o desde donde se produce la radiación de energía.

Los terremotos pueden ser de diferentes tipos: hay aquellos que pueden ser acompañados de erupciones volcánicas como resultado de rápidos movimientos de magma, colapso de cavidades magmáticas o fisuramiento de las mismas durante el ascenso del magma por un dique o de la chimenea de un volcán; también aquellos que se producen por grandes deslizamientos de tierra; también los hay por reventones de roca durante laboreo minero, pero lejos los mas importantes, tanto en términos de tamaño (magnitud) como en número, son los terremotos tectónicos. Estos



últimos son causados por un rápido deslizamiento que tiene lugar en las fallas geológicas o bien por un deslizamiento repentino en las zonas de contacto entre dos Placas tectónicas.

Debido a su proceso de enfriamiento, las capas más externas de la Tierra son quebradizas o de comportamiento frágil y frente a las fuerzas tectónicas responden mediante fracturamiento. Las fallas son fracturas en cizalla (corte) en las cuales el deslizamiento ocurre en una dirección paralela a la superficie de la fractura. Este deslizamiento es resistido por la fricción debido a que las paredes de la falla se encuentran pegadas, soldadas una contra la otra, como resultado del esfuerzo compresivo que existe al interior de la Tierra a profundidades mayores que 1 a 2 km. La capa quebradiza es de unos 10-50 km de espesor, y la deformación que ésta sufre como respuesta al campo de esfuerzos tectónicos, es manifestado principalmente mediante deslizamiento localizado en las fallas. Este deslizamiento ocurre casi enteramente mediante movimientos rápidos y abruptos, de carácter irregular, constituyendo así en esencia el fenómeno terremoto. La causa subyacente que permite explicar este comportamiento reposa en las propiedades de la fricción de muchos tipos de rocas. Estas, bajo las condiciones de presión y temperatura que la Tierra presenta en profundidad, son tales que la fricción presenta un comportamiento inestable conocido como stick-slip. Este se caracteriza por largos períodos en los cuales las superficies rugosas se mantienen solidarias por fricción, pero cuando el deslizamiento comienza, se produce una inestabilidad dinámica acompañada por un rápido y gran deslizamiento la que inicia todo el proceso del terremoto. Esta inestabilidad llega a producirse porque la fricción dinámica, la responsable en resistir el movimiento una vez que el deslizamiento ha comenzado, es menor que la fricción estática.

Una vez que la inestabilidad se ha manifestado, en un determinado dominio del plano de falla (nucleación del terremoto), ésta dinámicamente se propaga sobre la superficie de la falla a una velocidad de ruptura cercana a la velocidad de las ondas de cizalla (ondas S) del medio, del orden de los 3.2 km/s, y se detiene sólo donde el frente de ruptura no puede dinámicamente superar la fricción estática. Al interior de este dominio que va creándose detrás del frente de ruptura y en el frente de ruptura mismo, es donde se materializa el deslizamiento sísmico (el proceso terremoto). La velocidad de deslizamiento entre dos puntos ubicados respectivamente a ambos lados del plano de falla es típicamente del orden de 1 m/s y puede alcanzar valores aún mayores en el frente mismo de la ruptura. Es en el frente de ruptura desde donde se genera principalmente la radiación de ondas elásticas de altas frecuencias, las responsables en general del alto grado de agresividad que pueden alcanzar los movimientos sentidos en la superficie de la Tierra.

Mirando a una escala global, los terremotos son el principal agente del tectonismo, el proceso mediante el cual se hace el paisaje de la superficie terrestre. Esto queda claramente evidenciado cuando observamos un mapa de distribución de la sismicidad global. Allí claramente podemos identificar las regiones y las estructuras tectónicamente más activas de la tierra. Las más destacadas corresponden a los límites entre las Placas, lugar donde se concentra la mayor parte de la deformación de la superficie terrestre. Estos límites se clasifican en:

Límites divergentes, a lo largo de los cuales las placas se separan. Estos incluyen los grandes sistemas montañosos existentes en medio de los océanos en profundidades, evidenciado por una estrecha banda de epicentros de los sismos. Hay también sistemas de abertura (divergentes) continentales y uno de los más notables es el que se encuentra en el Este de África. Los terremotos que se producen en estas zonas no son los de mayor magnitud en el mundo, ya que el espesor de la capa quebradiza en esas regiones es más bien delgada y caliente. La principal actividad en estas regiones consiste en el proceso de creación de nuevo fondo oceánico controlada por una actividad volcánica submarina.

La segunda clase de límite de Placas corresponde a los de tipo transcurrentes, donde el exponente más conocido es el sistema de fallas de San Andrés en California, USA. Allí, dos Placas adjuntas se mueven una con respecto a la otra en una dirección paralela al límite de contacto.

Un tercer tipo son los límites de Placas convergentes, los que a su vez se dividen en dos subclases:

Cuando la convergencia es entre una Placa oceánica respecto a ya sea una Placa continental (caso en Chile donde la Placa oceánica de Nazca "subducta" bajo la Placa continental



Sudamericana) u otra oceánica (caso en Marianas donde la Placa oceánica Pacífico "subducta" bajo la Placa oceánica de Filipinas). La subducción de una Placa corresponde a una penetración de la misma en el manto terrestre. La zona de contacto entre dos Placas convergentes focaliza la mayor parte de la deformación involucrada y la presencia de una fosa oceánica caracteriza el proceso. Detrás de estas fosas se encuentran los arcos de islas, formados por procesos volcánicos como resultado de un fenómeno de deshidratación progresivo y fundición parcial de la corteza oceánica arrastrada por la Placa oceánica en el proceso de penetración en el manto.

La otra clase corresponde a una convergencia entre dos Placas continentales en el cual no hay subducción. En este caso tenemos una enorme zona de colisión dando origen a fenómenos orogénicos como es el caso del Himalaya

¿Dónde se producen los mayores terremotos?

Son en las zonas de subducción donde se producen los terremotos mayores del planeta. Chile es una de estas zonas. Más aún, con el gran terremoto del 22 y 23 de mayo de 1960 ocurrido en Valdivia, Chile tiene el liderazgo mundial con el mayor terremoto ocurrido en tiempos modernos en el mundo. Este terremoto liberó una energía que corresponde aproximadamente al 35% de la totalidad de la energía liberada por todos los terremotos que se han producido en el planeta desde 1900 hasta 1996. Pero este record no lo es todo puesto que además tenemos, en lo que va corrido de este siglo, un promedio de 1 terremoto de magnitud cercana o superior a 8 cada 10 años.

Por más de 25 años los científicos han buscado comprender porqué sólo en algunas zonas de subducción se producen grandes terremotos, mientras que en otras no. La respuesta a esta pregunta puede aproximarse buscando la relación entre el grado de sismicidad de una zona de subducción determinada (coeficiente sísmico) con la fuerza de anclaje (sea anchor force) que corresponde a la reacción que ofrece el manto "fluido" de la Tierra sobre la Placa que penetra en una zona de subducción. La evolución del campo de esfuerzos en la vecindad del plano de contacto inter-placa en el proceso de subducción, parece ser el agente clave que permite explicar esta diversidad de comportamiento sísmico observado en el mundo.

En 1995, junto a Christopher Scholz de la University of Columbia analizamos la zona de subducción de Izu-Bonin y Las Marianas, ubicadas entre Japón y la Micronesia, en la parte Oeste de la cuenca del Pacífico, y llegamos a la conclusión que cuando una placa oceánica se encuentra con otra y se dobla hacia abajo sumergiéndose en el manto fluido, ésta lo hace con un ángulo suave si las dos placas están moviéndose una hacia la otra, y en un ángulo mayor si ellas se mueven en la misma dirección sobre el manto subyacente. La fuerza de anclaje determina el ángulo de este descenso hacia el manto (o subducción). Ángulos suaves (pequeños) producen una superficie de mayor contacto entre ambas placas y mayor fricción en esta zona, generándose allí las condiciones en las cuales se producirán grandes terremotos, mientras que ángulos mayores son indicativos de una débil fricción en la zona de contacto y por lo tanto susceptible de producir terremotos de menor magnitud.

Nuestras observaciones, motivadas a raíz del estudio de un gran terremoto en la isla de Guam, ubicada en el extremo sur de la zona de subducción de Las Marianas, zona que los sismólogos consideraban prácticamente asísmica, nos llevaron a formular un modelo prototipo capaz de explicar el comportamiento geodinámico de todo este gran margen de subducción (Izu-Bonin y Las Marianas). Esta región, por sus características tectónicas, representan bien todas las otras zonas de subducción existentes en el planeta. El éxito de nuestro modelo para explicar esta región, nos llevó a confrontarlo a las observaciones recopiladas en otras zonas de subducción con el propósito de verificar el grado de validéz en el caso general. El resultado fue muy satisfactorio. Los datos y observaciones validaron nuestro modelo el cual presentamos a la comunidad científica en un Congreso Internacional efectuado en Boulder, Colorado en Junio de 1995. La publicación apareció en Noviembre del mismo año en Journal Geophysics Research (Scholz, Ch., and Campos, J., On the mechanism of seismic decoupling and back arc spreading at subduction zones, JGR, 100, p.22103-22115, Nov.10, 1995).