

MOVIMIENTOS SÍSMICOS

Bajo este nombre se agrupan todos aquellos fenómenos vibrátiles que se transmiten en forma de ondas en la corteza terrestre, originados por la brusca liberación de energía al quebrarse algún importante bloque rocoso en áreas relativamente superficiales de la Tierra.

A estos fenómenos se acostumbra designarlos con el nombre de *temblores* y *terremotos*, ubicando entre los primeros aquellos de poca intensidad, vale decir, *los que no producen daños en las instalaciones humanas* o si, lo hacen, es en poca proporción. *Los segundos*, en cambio son *ondas sísmicas con gran energía que causan desde grandes hasta totales daños* en las construcciones del hombre, provocando también modificaciones en la morfología superficial del área afectada.

Cuando el sismo se origina en la corteza oceánica, pueden producirse olas de grandes dimensiones que avanzan sobre el sector litoral a enormes velocidades. A este fenómeno se le denomina *ma-*

remoto o *tsunami* y es, hasta el momento, *el más destructor de los fenómenos de la naturaleza*.

Las investigaciones modernas han descubierto que los sismos se producen por diferentes causas; de allí que atendiendo a estas, una forma de clasificarlos es la siguiente: a) *de origen volcánico*, cuando el movimiento es producto de la presión que ejerce el magma sobre los estratos superficiales. Generalmente son suaves y percibidos solamente en el área vecina al volcán; b) *por cambio de la relación isostática en un área*, causado por diversos fenómenos, como la erosión, que provocan traslado de materiales de un lugar a otro, cambiando las relaciones de presión que, en determinada área, ejerce la corteza sobre el interior terrestre, lo cual produce la ruptura de estratos en ese lugar. Normalmente llegan hasta una intensidad mediana y pueden ser percibidos en áreas relativamente distantes del punto de origen (Vea figura 7); c) *por acción de las placas*, lo que

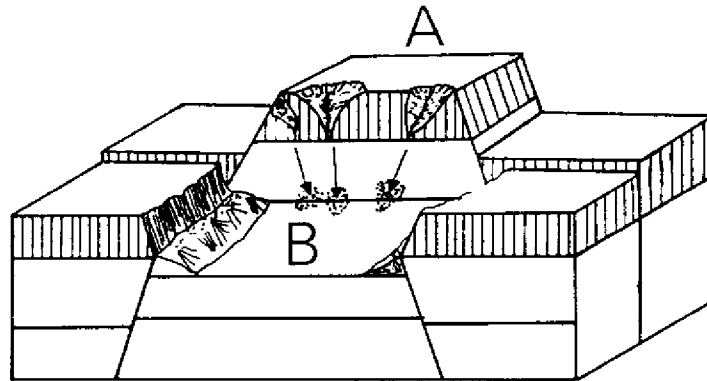


FIGURA 7. CAMBIOS EN LA PRESION DE LA CORTEZA. Observe cómo los sectores más elevados (A) están permanentemente afectados por la erosión que extrae de allí los materiales que deposita en sectores bajos (B). En estos la presión aumenta en tanto disminuye en los primeros, lo que provoca tensiones sobre los estratos, que llegan a quebrarse, y entonces la energía acumulada se libera en forma de ondas

según analizaremos más adelante, es la causa más frecuente de sismos; pueden afectar grandes superficies y llegar a tener efectos catastróficos; ch) *antrópicos*, como su nombre lo indica, son artificiales; a diferencia de los naturales, son producto de violentas ondas expansivas provocadas por explosiones superficiales o subterráneas que realiza el hombre con diversos fines, como por ejemplo, conocer el interior de la Tierra, detectar la existencia de mantos de petróleo, etc. (Vea figura 8).

Existe otro tipo de fenómeno, denominado *bradisismo*, etimológicamente sismo lento, cuyo origen no se conoce bien, razón por la cual no se agrupa entre los anteriores. Se manifiesta como el lentísimo movimiento de un sector relativamente considerable de la superficie de la Tierra como, por ejemplo, un cerro, puede estar acompañado

de pequeñas vibraciones sísmicas, de lo que se infiere que su acción es muy local. Las teorías señalan que su origen se debe más bien a situaciones estructurales de las rocas de un lugar, lo que origina estos desplazamientos horizontales, a razón de algunos centímetros por año.

¿POR QUE TIENE QUE TEMBLAR?

Esta es quizás la inquietante y más común pregunta que se tiene a flor de labios cuando hemos percibido un sismo, por el temor que nos provoca, originado en parte, por nuestro desconocimiento sobre este tipo de fenómenos naturales, por la impotencia que sentimos ante ellos, también porque no sabemos cómo actuar frente a este tipo de eventos.

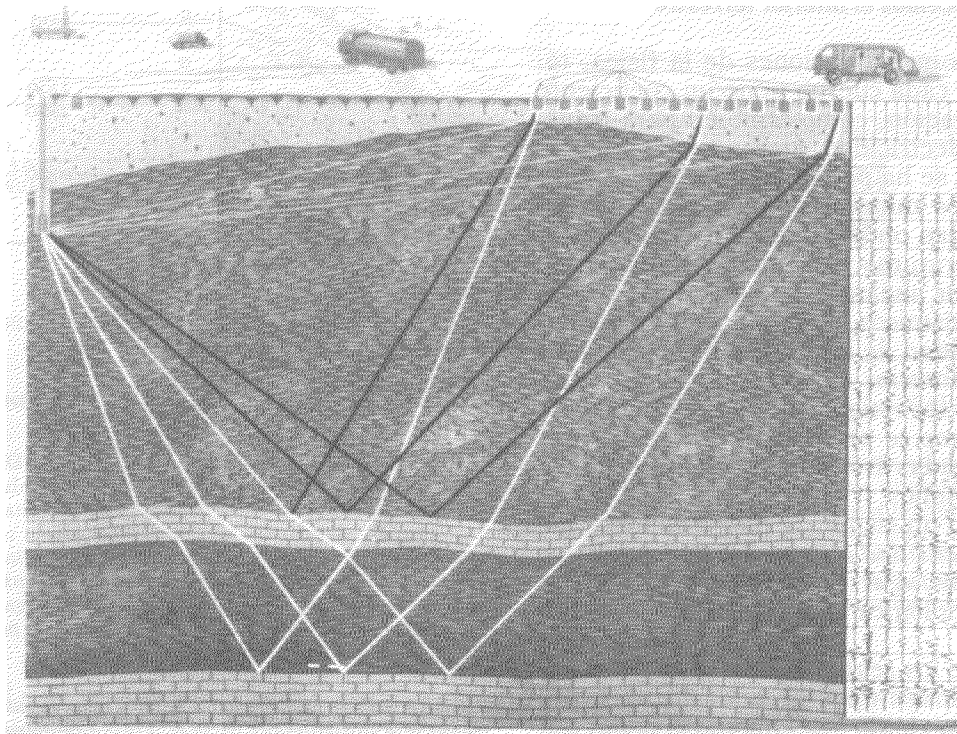


FIGURA 8. SISMOS ARTIFICIALES. Observe cómo el hombre, mediante la tecnología moderna, trata de conocer el interior de la corteza.

Realiza perforaciones en cuyo fondo son colocados explosivos que se hacen detonar a control remoto. Las ondas de la explosión recorren el interior a una determinada velocidad según sean los tipos de materiales que atraviesan.

Son captadas por sismógrafos muy sensibles y registradas en gráficos que reciben el nombre de sismogramas. Por la interpretación de la forma en que llegan las ondas allí, los especialistas pueden determinar los materiales que componen ese sector de la corteza.

Estos, como los otros fenómenos que se analizan en la presente publicación, afectan a nuestro país dado la situación que éste ocupa en el planeta, *por lo cual debemos aprender a convivir con todos ellos, conociéndolos adecuadamente y, muy especialmente, teniendo clara conciencia acerca de cómo enfrentarlos*, puesto que se trata de hechos que vienen afectando al planeta desde hace millones de años y nos seguirán afectando por muchos más, según veremos a continuación.

A. TENSIONES ASTRONOMICAS AFECTAN LA TIERRA

La Tierra, al igual que los demás planetas, se encuentra sometida a una serie de relaciones de la denominada mecánica celeste, que no son otra cosa que una relación de fuerzas que deben mantenerse en un estado de equilibrio, gracias al cual es posible la existencia de este cuerpo celeste.

Dicho equilibrio no es estático sino que está cambiando permanentemente, por razón de que todos los astros están en movimiento: el Sol desplazándose en la Vía Láctea; la Tierra girando a su alrededor, mientras la Luna gira en torno a ésta. Tales movimientos provocan cambios en las relaciones de gravedad entre los cuerpos.

Este constante cambio gravitatorio afecta también a la superficie sólida de nuestro planeta, provocando muy leves deformaciones, dado que la Tierra se comporta en el nivel planetario *con algún grado de plasticidad*. Dichas deformaciones originan tensiones en la superficie terrestre, o sea, acumulaciones de energía que puede variar según las características de cada lugar.

Desde hace años se han descubierto once diferentes movimientos de nuestro planeta. El más conocido, *la rotación*, o sea el giro que sobre sí misma efectúa la Tierra hace que no tenga la forma exacta de una esfera, sino que sea más ancha en el plano del ecuador que en el polar, lo que a su vez genera mayor fuerza de gravedad en los polos que en el ecuador, fenómeno que está demostrando no sólo que hay tensiones, sino que los grados de tensión son diferentes. Recientes investigaciones han descubierto que, además, la Tierra está sometida a intensas radiaciones de energía solar, así como electromagnéticas, que también vienen a convertirse en otras fuentes generadoras de tensiones. Estos y muchos otros hechos están permanentemente provocando cambios en las relaciones de equilibrio (fuerzas) del planeta, lo que contribuye a explicar la sismicidad aunque en menor medida que las tensiones internas.

B TENSIONES DEL INTERIOR TERRESTRE

Por los sismos conocemos el interior terrestre

Gracias a las investigaciones de la física, todos sabemos que cada cuerpo tiene un coeficiente diferente de dilatación, como también para transmitir el calor, la electricidad, etc.

Así también, se ha podido determinar el comportamiento de los minerales y aleaciones de éstos, respecto de las ondas sísmicas, a diferentes presiones, temperaturas y estados. Al aplicar estos resultados, por analogía, a miles de registros de movimientos sísmicos, se ha llegado a establecer una gran cantidad de información sobre las características del interior de nuestro planeta que, sumadas a otras investigaciones geofísicas, permiten explicar cómo se producen los sismos y por qué hay determinadas áreas en las que se produce este tipo de fenómenos.

Al producirse un sismo, *se libera en forma de ondas una gran cantidad de energía que se estuvo acumulando en ese lugar*. Esas ondas se captan en una estación sismológica y se registran en sismogramas.

El análisis de los registros demuestra la existencia de tres grandes tipos de ondas: a) las que llegan en primer término son conocidas como ondas P (de Push o de onda primera); b) a continuación llegan las ondas S (de Shake o de onda segunda) y c) luego, aparecen las ondas L (de largas).

Investigaciones como éstas permitieron establecer que la Tierra está constituida por tres grandes secciones: a) *la corteza*, con un espesor medio de sesenta kilómetros, compuesta especialmente por sílice y aluminio en la superficie (capa de SIAL) y por sílice y magnesio en su parte profunda (capa de SIMA), con baja densidad y temperatura respecto de los materiales que siguen hacia el interior; b) *el manto*, con poco menos de tres mil kilómetros de espesor, con temperaturas variables, que van desde los 500 a los 2.500°C, con una densidad muy superior a la corteza, lo que hace que ésta se encuentre como flotando sobre el manto y además con movimientos de convección; c) *el núcleo o NIFE*, por sus componentes dominantes de níquel y hierro, que se encuentra a unos 2.700°C, tiene un radio un tanto mayor a tres mil kilómetros y se comporta como si fuera un fluido (o sea como si fuera un líquido o un gas). (Vea figura 9).

Estamos flotando sobre el manto

Según hemos indicado, la corteza tiene una densidad menor que la del manto. Esta situación establece un juego de fuerzas entre ambas capas, gracias al cual, la corteza se encuentra como flotando sobre la parte superior del manto que se conoce con el nombre Astenosfera, que se presenta en un estado mixto (entre sólido y líquido) y experimenta algunos movimientos, según veremos.

La relación de fuerzas indicada es un poco más compleja por razón de que *la isostasia, que*

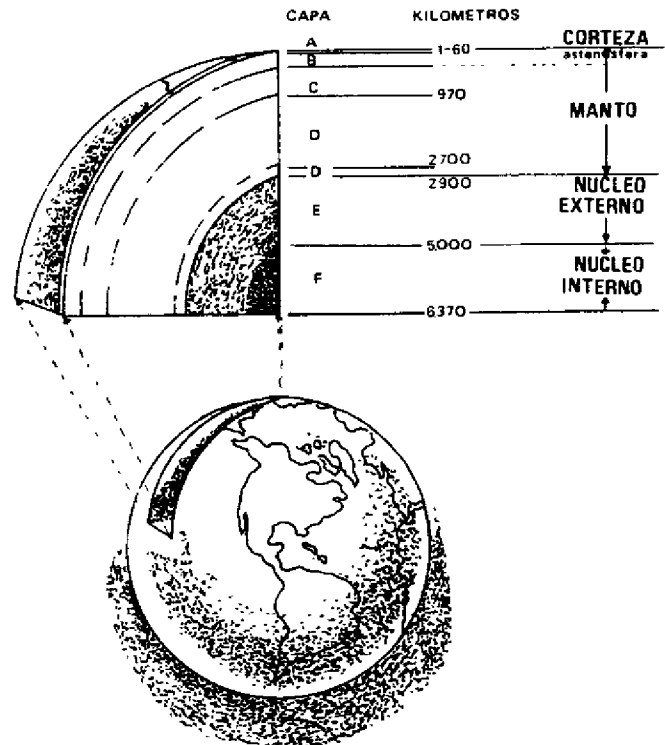


FIGURA 9. CORTE DE LA TIERRA. Observe las principales secciones que se distinguen hacia el interior de nuestro planeta. Vea cómo el espesor de la corteza, en términos relativos, es insignificante respecto del resto. Piense que para hacer un viaje al centro del planeta tendría que recorrer unos 6 372 km, de los cuales sólo un promedio de 60 kms corresponden a la corteza. Esta significativa relación es la que hace que, en gran medida, la parte superficial del planeta esté dependiendo de fenómenos que ocurren en sus áreas más profundas, particularmente los que ocurren hasta unos 400 kms en la denominada Astenósfera.

precisamente establece las relaciones de igual equilibrio, indica que dicha relación es propia de cada lugar ya que depende del espesor de los materiales, así como de sus componentes. De acuerdo con esto, las presiones que se ejercen entre la corteza y el manto son diferentes, según se trate de un sector continental (montañoso a uno plano) o de un fondo marino. Estas mismas relaciones van variando en la medida en que los agentes erosivos trasladan materiales de los sectores más elevados a los más bajos, todo lo cual generará tensiones que terminarán por fracturar, en diversas magnitudes, la corteza terrestre. (Vea figura 10).

La corteza fracturada en placas

La corteza, pese a ser la capa rocosa (litosfera) que envuelve al planeta, *se encuentra fracturada en una serie de partes que reciben el nombre de placas*; son ocho las que propiamente reciben ese nombre, dado que, cada una de ellas tiene fracturas menores que corresponden a subplacas, aún cuando en forma cotidiana se les da también el nombre de placas, como acontece, por ejemplo, con las placas Cocos y Caribe, en el sector de América Media.

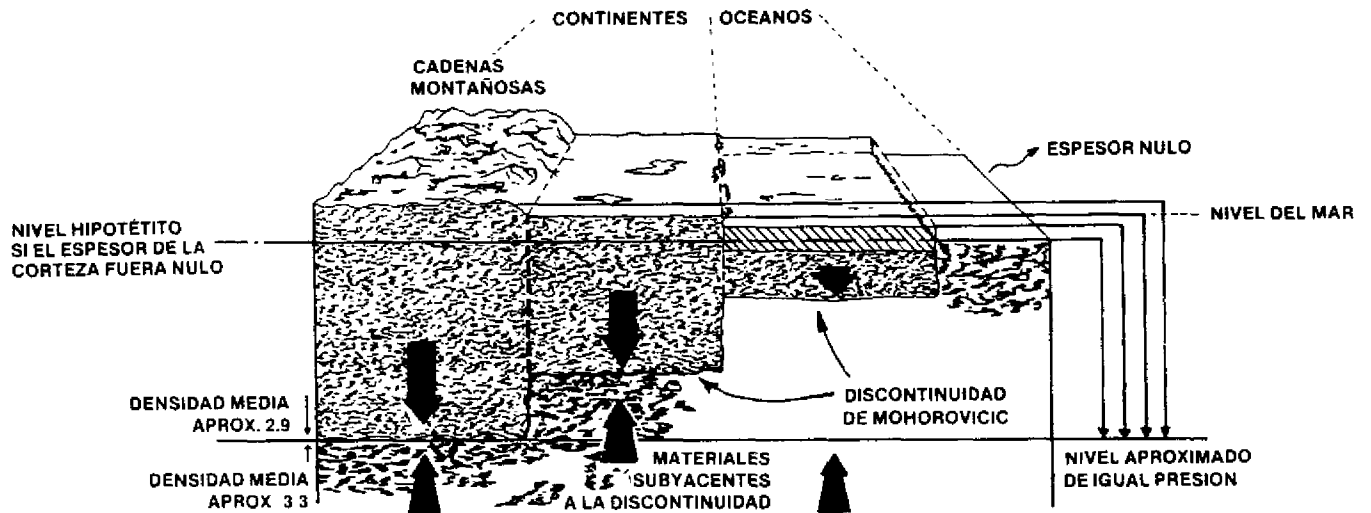


FIGURA 10 LA FLOTACION DE LA CORTEZA SOBRE EL MANTO. Observe los distintos espesores que cada sector de la corteza presenta. Cada uno de ellos establecerá una relación de fuerzas diferentes con el manto, sobre el cual se encuentra flotando. Piense que la actuación de los agentes exógenos tenderá a eliminar los sectores altos. En esa medida, la presión interna hará subir el bloque montañoso, hasta eliminarlo casi totalmente. Esos materiales serán trasladados por los agentes erosivos a las partes más bajas, que se irán hundiendo lentamente, en la medida en que la mayor cantidad de material recibido, les permita ejercer mayor presión sobre el manto, produciéndose así un constante cambio en estas relaciones de fuerzas, que son las que contribuyen a explicar la actividad sísmica en algunas áreas.

Estas placas se encuentran en constante movimiento, aunque a diversas velocidades y en distintas direcciones. Gracias a la denominada *Teoría de la Tectónica Integral de Placas* se ha podido explicar la deriva de los continentes, así como la

mayoría de las manifestaciones orogénicas, epigénicas y tectónicas, vale decir, la formación de montañas por plegamiento y las actividades sísmicas y volcánicas, según analizaremos a continuación. (Vea figura 11).

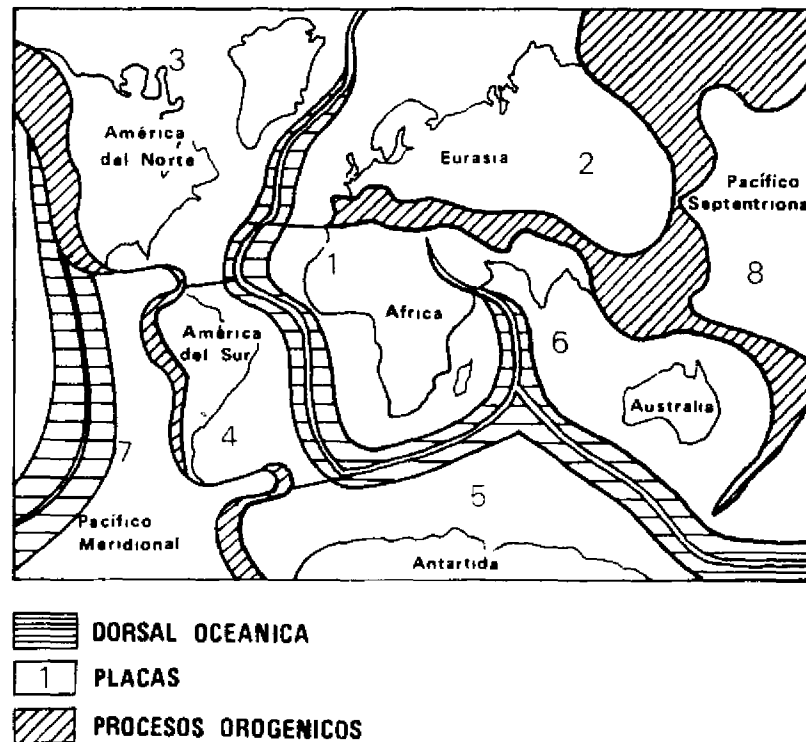


FIGURA 11 LAS PLACAS TERRESTRES. M. Mattauer ha establecido la existencia de ocho grandes placas, producto de grandes planos de fractura que tiene la corteza terrestre. Con trazos horizontales se muestran las dorsales oceánicas (sistemas montañosos submarinos), en tanto que con trazos oblicuos se representan las áreas afectadas a procesos orogénicos (formación de montañas) continentales recientes. Observe que los tamaños son muy variados y que, normalmente, en cada una de ellas hay una porción de tierras emergidas y otra de cubetas oceánicas.

La ruptura de la corteza en placas se debe a la serie de fuerzas que ya hemos indicado anteriormente, a las cuales agregaremos ahora una de las más importantes: *como producto de las corrientes de convección en el manto.* (Vea figura 12)

Según hemos visto, el espesor de la corteza en los fondos oceánicos es muy pequeña, por lo cual serán los lugares más propicios para que allí,

la enorme presión que traen los materiales del interior, logre irrumpir a lo largo de miles de kilómetros, provocando una gigantesca fractura en la corteza y originando dos placas que empiezan a distanciarse lentamente una de otra, en la medida que esta masa, a modo de cuña, se introduce entre ellas.

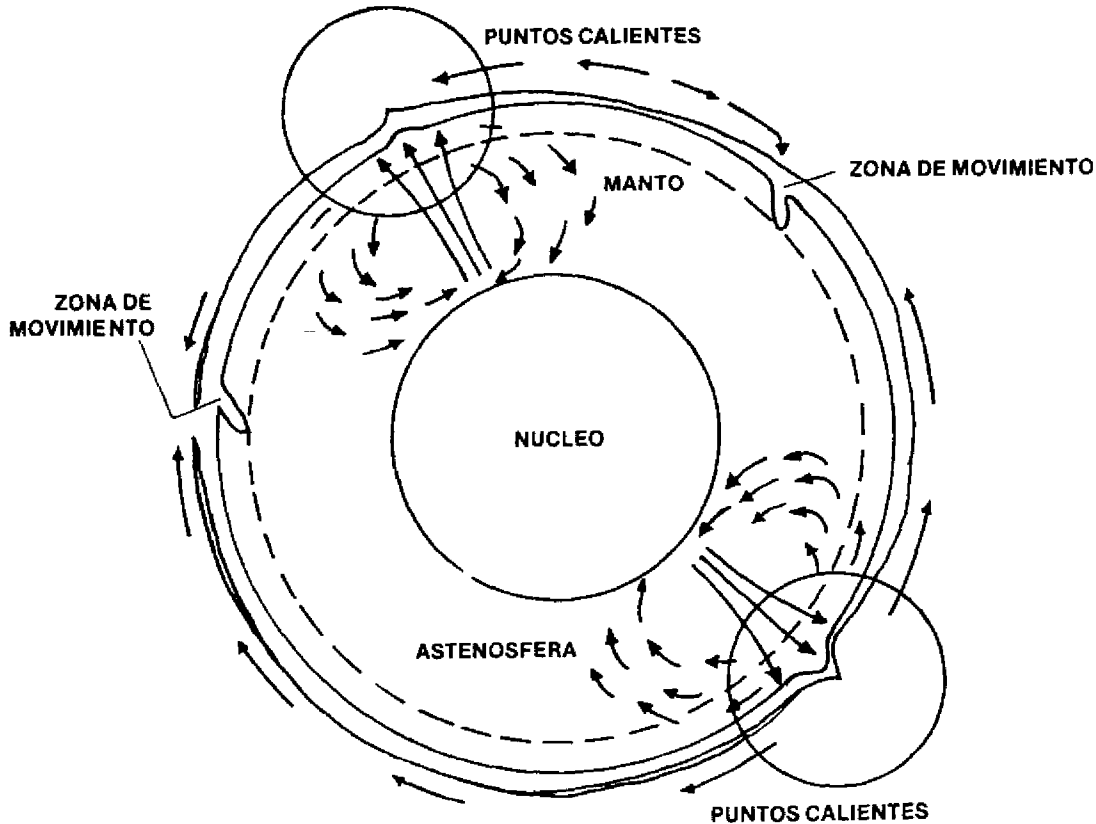


FIGURA 12. MOVIMIENTOS DE CONVECCION DEL MANTO. Observe cómo en dos lugares del planeta se presentan movimientos de convección en el manto, originando movimientos ascendentes (puntos, calientes) y descendentes entre él y la corteza. Donde ese material logra salir a la superficie se produce una ruptura de la corteza (placas) poniendo en movimiento con direcciones opuestas a esos dos bloques que estuvieron unidos (marcados con las flechas externas). Si uno de ellos se encuentra con otra placa de dirección opuesta, se producirá un choque, por millones de años, al cabo de los cuales una de ellas tratará de introducirse bajo la otra, como puede observar en dos lugares de la representación. (Vea zona de movimiento)

La línea a lo largo de la cual ocurre este fenómeno se llama área de distensión y la teoría que modernamente ha venido a dar la explicación del fenómeno se denomina *Expansión de los Fondos Oceánicos* ya que, por efecto del alejamiento de las placas se va generando una cubeta oceánica cada vez más amplia. Por su parte, el ascenso y salida del material dará origen a una intensa actividad volcánica submarina cuya expresión de relieve será *una cordillera oceánica, que recibe el nombre de dorsal*. Tal es lo acontecido con la separación de América de Europa y África, el origen y desarrollo del océano Atlántico y la formación de la gran dorsal, que recorre este océano de norte a sur. (Vea figura 13).

Señalamos anteriormente que la corteza no es otra cosa que una yuxtaposición de placas. Por

ello debemos pensar que si una placa se pone en movimiento, sea por el fenómeno recién analizado o por el efecto de rotación terrestre, necesariamente tendrá que entrar en contacto con otra por efecto del empuje. Los fenómenos que se producirán si ambas se desplazan en la misma dirección no serán tan significativos como cuando esta placa se encuentra con otra que trae una dirección contraria, tal como acontece en América Media, donde la placa Caribe es empujada por la dorsal Mesatlántica hacia el oeste, en tanto que la placa Cocos lo es por la dorsal Mesopacífica, hacia el este. *Esta relación es la causante de la mayor parte de los fenómenos orogénicos y sísmicos del área.* La razón de lo anterior es que al encontrarse dos placas en esta situación, una de ellas tenderá a deslizarse bajo la otra y en la medida en que se va su-

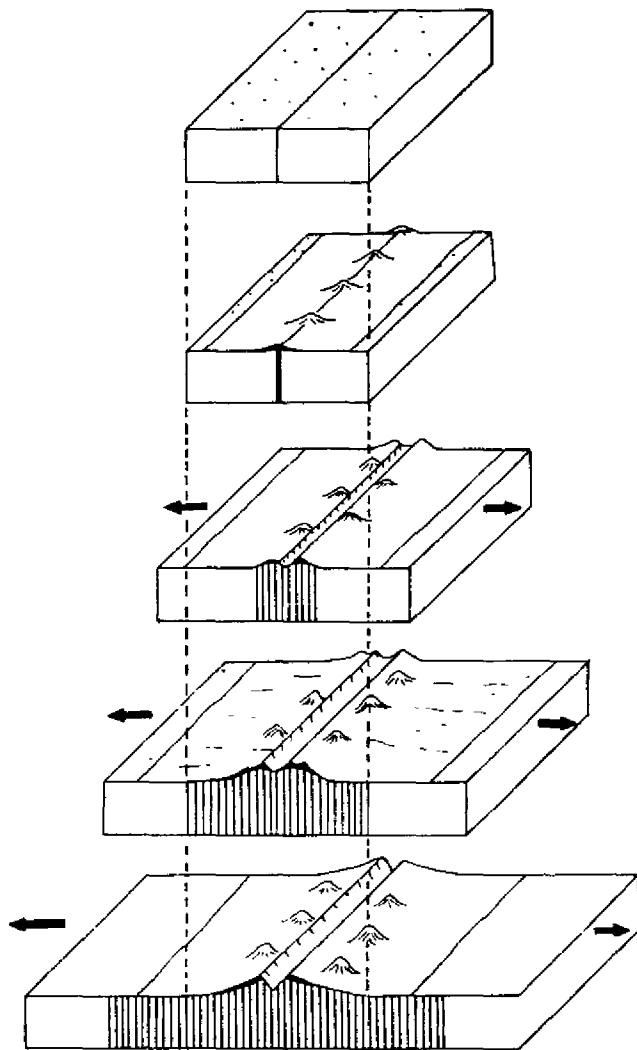


FIGURA 13. FORMACION DE UNA DORSAL OCEANICA. En la secuencia puede observar las principales etapas simplificadas de la formación del sistema cordillerano submarino, denominado dorsal oceánica.

En la primera figura se muestra un sector de la corteza de fondo de mar, con un plano de falla, representado por la línea central.

La segunda muestra cómo el material del interior terrestre, en forma de manifestaciones volcánicas, comienza a llegar a la superficie.

La tercera muestra la actividad en aumento, pero, además, las flechas en direcciones opuestas, indican que se han originado dos placas que comienzan a desplazarse en sentido contrario.

Las siguientes muestran el incremento del fenómeno, vale decir, el crecimiento de la dorsal, en sentido vertical y especialmente el horizontal, que contribuye a alejar aún más las dos placas que estuvieron originalmente unidas, aumentándose así la superficie de la cubeta oceánica. De allí el nombre de "Teoría de la Expansión de los Fondos Oceánicos".

mergiendo en las profundidades del manto, se irá incorporando a él. Sin embargo, antes que ello ocurra, ha recorrido lentamente centenares de kilómetros rozando a la otra placa y provocando: a) *el plegamiento* de los depósitos que se encuentran en el fondo del mar, llevándolas a emerger, como un sistema montañoso plegado; debido a la presión que mutuamente se ejercen, b) *manifes-*

taciones volcánicas y sísmicas como producto de la liberación de energía y c) *la subducción*, es decir, una especie de fuerza de arrastre de una placa al meterse bajo la otra, lo cual generará una fosa submarina. (Vea figura 14).

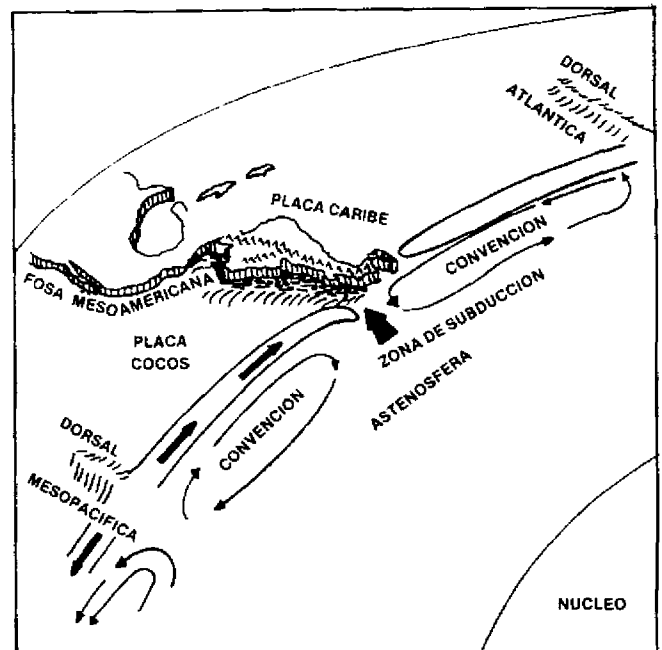


FIGURA 14. CHOQUE DE PLACAS. En la representación se ha esquematizado la acción que se produce entre las placas de Cocos y Caribe, al tratar de introducirse la primera bajo la segunda. Observe que en ambos océanos hay corrientes convectivas ascendentes que ponen en movimiento, con direcciones contrarias, a ambas placas. Estos se encuentran en un área con corrientes convectivas descendentes. De su relación, se producen pliegues de montañas, intensa actividad volcánica y sísmica, mientras en el borde de contacto entre ambas se genera un proceso de subducción que origina una fosa en el borde pacífico.

El choque entre placas recibe el nombre de compresión y los fenómenos que de él se derivan generalmente no se presentan en forma aislada, aunque en algún momento del desarrollo geológico domine uno más que el otro. Así al plegarse la cordillera de Talamanca, los sedimentos existentes en el fondo del mar fueron comprimidos, pero por tener un grado de elasticidad bajo, se rompieron, liberando en ondas sísmicas la energía acumulada. Los mismos planos de ruptura, que denominamos fallas, son áreas de debilidad de un bloque, por los cuales es posible que la energía calórica del interior pueda llegar a la superficie en forma de manifestaciones volcánicas. Por ello es que en Talamanca, además de depósitos sedimentarios marinos, se encuentran depresiones tectónicas y depósitos volcánicos de variados tipos.

En líneas iniciales habíamos señalado que era importante conocer cómo se producen los sismos. Ahora que ya se ha dado la explicación estamos en

mejores condiciones de comprender los procesos que generan este tipo de fenómeno, pero también es importante conocer en qué consiste un sismo y cuáles son sus efectos, con el objeto de lograr un adecuado comportamiento frente a este evento.

C. LAS VIBRACIONES DE LA TIERRA

Sea por una compresión generada por el ascenso de magma, bien por la presión de algunos materiales a nivel local o bien por la que ejerce una placa, un sismo no es otra cosa que la brusca liberación de la energía que esa presión logró acumular y que se transmite en forma de ondas por la superficie y por el interior del planeta.

Tome la cuerda de una guitarra y ténsela hasta lo que más pueda; aquí está acumulando una cantidad de energía. Suelte bruscamente la cuerda y podrá ver, además de oír, la vibración que se produce al liberar la energía acumulada. Con las rocas de la corteza, guardando las proporciones del caso, ocurre otro tanto. Por cualquiera de los motivos ya estudiados, se comienza a producir una acumulación de energía que empieza a deformar la estructura rocosa, hasta que esa energía supera la plasticidad de la roca, la cual se rompe bruscamente y vibra, emitiendo ondas que pueden ser captadas en todo el planeta. Cuando la ruptura es de muy grandes proporciones la acomodación de las rocas puede durar varias semanas, por lo que es absolutamente normal que después de un sismo de gran intensidad se sigan percibiendo, por un largo tiempo otros menores, conocidos con el nombre de réplicas.

Por la misma razón resulta acertado indicar que es preferible que se estén produciendo constantemente pequeños sismos (porque significa que se está liberando en forma permanente la energía que se acumula en los procesos estudiados) a que, en sectores inestables de la corteza, como el de América Media tiemble raras veces, porque esto significa que hay mucha acumulación de energía, que en algún momento se tendrá que liberar rápidamente y de una sola vez. (Vea figura 15).

¿Cuáles son las ondas destructoras?

Hemos mencionado que al producirse un sismo se originan ondas que recorren la parte superficial y el interior del globo terrestre y atendiendo a su recorrido se acostumbra clasificarlas en interiores y superficiales.

a) Las ondas interiores son las P y las S, que son realmente las destructoras. Las ondas P tienen un movimiento de vaivén en la dirección de la propagación. Pueden atravesar cualquier tipo de medio en el planeta.

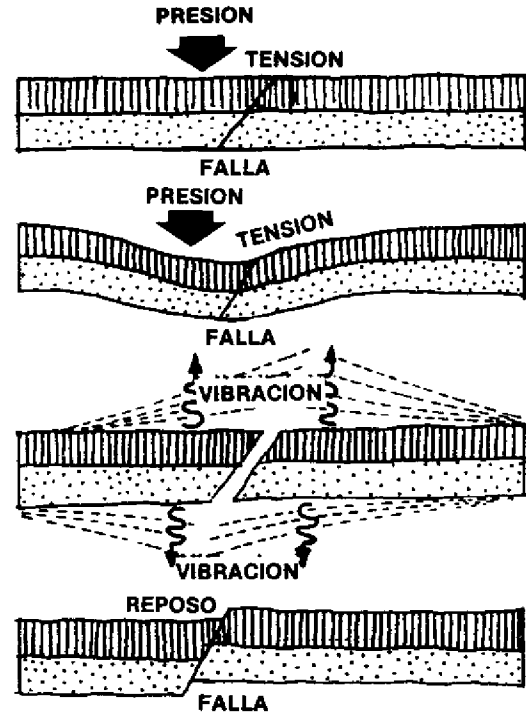


FIGURA 15 TEORIA DEL REBOTE ELASTICO. En la primera imagen de la secuencia se muestra como comienza a ejercerse una presión sobre un sector de la corteza el que, como es también normal, se encuentra fallado. En la segunda, la acumulación de energía es tal que el bloque comienza a deformarse. En la tercera, la cantidad de energía ha sido superior a la plasticidad del bloque rocoso, que se ha roto, y así se ha liberado toda la energía acumulada mediante vibraciones u ondas que se transmitirán por la superficie y el interior terrestre. En la cuarta, la energía ha sido totalmente liberada, los bloques vuelven a un estado de reposo, pero se ha producido una deformación vertical (desplazamiento) del relieve original.

Las ondas S son un poco más lentas; se desplazan transversalmente a la dirección de la propagación del movimiento, motivo por el cual no atraviesan el núcleo, por ser líquido. Estos dos tipos de ondas tienen grandes amplitudes (desplazamientos) y alta frecuencia (cortos periodos) lo que provoca los efectos destructores particularmente cuando se está cerca del foco o hipocentro donde se produjo el sismo (Vea figura 16, letra H).

b) Las ondas superficiales, denominadas Love y Rayleigh, son más lentas que las anteriores y se forman a cierta distancia del epicentro. Tienen amplitudes grandes, pero sus periodos son muy lentos (Vea figura 16).

Los efectos de los temblores

Los efectos que provoca la liberación de energía en el interior terrestre, es lo que percibimos y nos asusta. Por ello es muy importante conocer las características que presenta un sismo para actuar

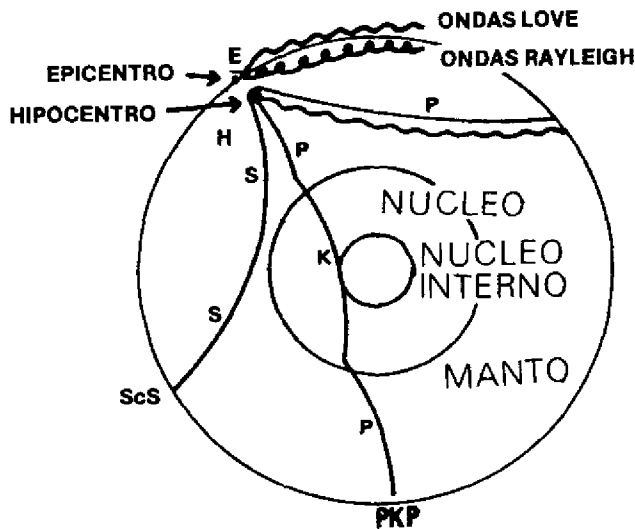


FIGURA 16. ONDAS SISMICAS En este esquema se trata de representar las principales ondas sísmicas y sus características más relevantes.

Observe que las ondas Love y Rayleigh se desplazan sólo por la superficie del planeta, a partir de un lugar cercano al epicentro. Las ondas P y S, en cambio, recorren todo el globo, a partir del hipocentro, dándose fenómenos de reflexión y refracción según los medios que atraviesan. El caso más notable es el de las ondas S que es una onda transversal. Este tipo de ondas no atraviesan los líquidos por lo que, al faltar un paquete de ondas de este tipo en el sismograma, se infiere que el núcleo, al menos, se comporta como un líquido.

Las ondas se generan al mismo tiempo; como se conocen sus velocidades de desplazamiento, calculando la diferencia de llegada entre las P y las S es posible determinar la distancia a que se produjo el sismo.

en forma acertada ante el evento. Esto adquiere especial importancia en personas que ocupan cualquier nivel de mando, así como aquellas otras que tienen bajo su cuidado a seres humanos, como pueden ser los docentes, personal de centros de salud, etc.

Existen dos maneras para medir los efectos de un sismo: una es mediante *la intensidad*, o sea por los efectos sensibles que provoca el sismo, particularmente en el hombre y sus obras; la otra se efectúa mediante la medición en un sismograma y trata de determinar la cantidad de energía liberada, por medio de *la magnitud*. Ambas mediciones y conceptos no son sinónimos y no deben confundirse.

Existen diversos tipos de escalas que tratan de establecer los rangos de lo que significan estos eventos, pero las más usadas en nuestros países son la de *Richter para la magnitud* y la de *Mercalli (modificada) para la intensidad*. La escala de Richter está basada en un patrón de partida, al modo como se estableció la temperatura cero para la escala centigrada de los termómetros. Este científico partió de un sismo tan pequeño cuyo epicentro está a 100 Kms de distancia del sismógrafo y deja impreso un trazo de una micra, o sea, una milésima de un milímetro. Así estableció convencionalmente que este es un temblor de magnitud cero. A ello agregó un factor de corrección por lo que un sismo de magnitud igual a 3 imprimiría

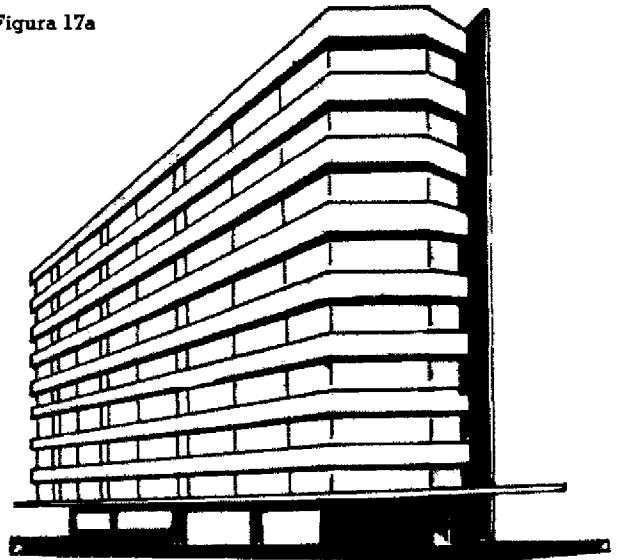
un trazo de un milímetro, lo que significa que la magnitud del temblor no es 3 veces mayor, sino mil veces mayor.

La escala de Mercalli establece los grados con base en los efectos que el sismo provoca en el hombre, en las obras humanas y en la naturaleza. Aunque tiene limitaciones y es un tanto subjetiva, sobre todo en las respuestas que dan los seres humanos, *es la más práctica*, especialmente para la toma de decisiones de las personas que en ese momento están sintiendo el sismo. Para los efectos de la clasificación, las edificaciones humanas se agrupan en cuatro grandes tipos, a saber:

Tipo A

Estructuras antisísmicas de hormigón armado o acero, calculadas para resistir fuerzas horizontales y muy bien detalladas en los planos. Mano de obra y supervisión de la construcción excelentes. Materiales de primera calidad. (Vea figura 17a).

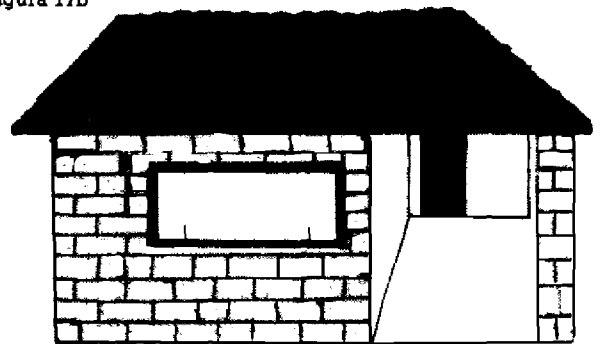
Figura 17a



Tipo B

Estructuras convencionales de hormigón armado, mampostería reforzada o acero no diseñadas en detalle para resistir fuerzas laterales. Mano de obra y supervisión buenos. (Vea figura 17b).

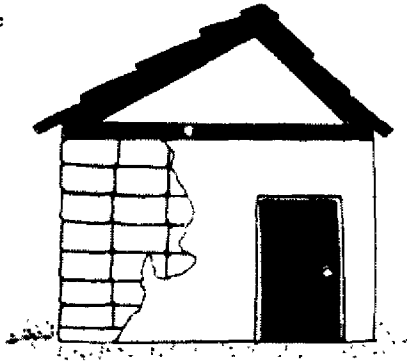
Figura 17b



Tipo C

Construcciones no muy débiles, aún con estructura interna de hormigón armado, mampostería reforzada o acero, pero no diseñadas ni construidas para resistir fuerzas horizontales. Mano de obra, supervisión y materiales, ordinarios. (Vea figura 17 c).

Figura 17c



Tipo D

Construcciones sin estructura alguna y muy débiles para resistir fuerzas horizontales. Mano de obra de baja calidad. Materiales débiles como el adobe y bahareque. (Vea figura 17 d y cuadro 3)

Figura 17d



¿Se puede predecir un sismo?

Esta es una de las preguntas que más inquietud provocan, pero hasta el momento y pese a los grandes avances que se han hecho es absolutamente imposible indicar que existe un procedimiento que permita pronosticar un sismo. Predecir un sismo significa: a) Anunciar la fecha y hora exactas del suceso; b) Avisar el sitio preciso y la profundidad del foco y c) Determinar la magnitud del sismo.

Los investigadores han acumulado suficiente información al momento, como para predecir que este año habrá alrededor de un millón y medio de temblores, de los cuales, unos 200 tendrán magnitudes entre 6 y 8 y hasta pueden ubicarlos geográficamente, al decir que un 90% de todos ellos ten-

drán lugar en el *Cinturón de Fuego del Pacífico* o sea desde el sur de Chile, pasando por América Central, hasta Alaska y las Aleutianas y desde allí, pasando por Japón, hasta Nueva Zelanda.

Esa información no es suficiente para decir que un sismo se puede predecir. Lo que sí es cierto es que en nuestro medio dada la situación que ocupa nuestro país en el planeta, es un hecho absolutamente normal el que se presenten sismos y manifestaciones volcánicas. Ocupamos parte del "Círculo de Fuego del Pacífico". (Vea figura 18).

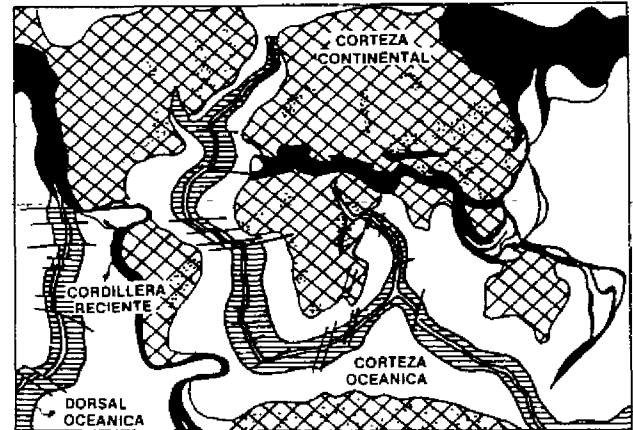


FIGURA 18. LOS DIVERSOS TIPOS DE CORTEZA DEL PLANETA. De acuerdo con los fenómenos que hemos visto, la corteza tiene áreas estables e inestables. Las primeras (representadas en rombos) corresponden a tierras antiguas, denominadas escudos.

Las segundas son tierras nuevas, en donde los fenómenos del vulcanismo, la sismicidad, orogénesis y otras deformaciones de la corteza son fenómenos comunes y se ubican en dos tipos de áreas: las tierras emergidas o sistemas montañosos modernos (en negro) y en las dorsales oceánicas (en trazos horizontales).

¿QUE HACER ANTE UN SISMO?

Al producirse un terremoto, por espacio de uno o dos minutos, la tierra vibra y se sacude como si fueran las copas de los árboles movidas por el viento. La vibración es espantosa, pero, al menos que algo se desprenda o se derrumbe, no ofrece peligro. Conserve la serenidad y saldra sano y salvo. En toda catástrofe natural, sus probabilidades de sobrevivir son grandes si sabe como comportarse ante la emergencia.

CUADRO 3. ESCALA DE INTENSIDAD DE LOS FENOMENOS SISMICOS

GRADO	HOMBRE ⁽¹⁾	CONSTRUCCIONES (Estructuras)				NATURALEZA
		Tipo D	Tipo C	Tipo B	Tipo A	
I	No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables.					
II	Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente las ubicadas en los pisos superiores de los edificios					
III	Se percibe en los interiores de los edificios y casas. Sin embargo, muchas personas no distinguen claramente que la naturaleza del fenómeno es sísmica por su semejanza con la vibración producida por el paso de un vehículo liviano. Es posible estimar la duración del sismo.					
IV	Los objetos colgantes oscilan visiblemente. Muchas personas lo notan en el interior de los edificios aún durante el día. En el exterior, la percepción no es tan general. Se dejan oír las vibraciones de la vajilla, las puertas y ventanas. Se sienten crujir los tabiques de madera. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen.					
V	La mayoría de las personas lo perciben aún en el exterior. En el interior, durante la noche, muchas personas despiertan. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aún pueden derramarse. Los objetos inestables se mueven o se vuelcan. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico.					
VI	Los perciben todas las personas. Se atemorizan y huyen hacia el exterior. Se siente inseguridad para caminar. Se quebran los vidrios de las ventanas, la vajilla y los objetos frágiles. Los juguetes, libros y otros objetos caen de los armarios. Los cuadros suspendidos de los muros caen. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se producen grietas en algunos estucos. Se hace visible el movimiento de los árboles y arbustos, o bien, se les oye crujir. Se siente el tándido de las campanas pequeñas de iglesias y escuelas.	Grietas				
VII	Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. El fenómeno es perceptible por los conductores de automóviles en marcha. Se producen daños de consideración en estructuras de albanilería bien construidas. Se dañan los muebles. Caen los trozos de estuco, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Se producen ondas en los lagos; el agua se enturbia. Los terraplenes y taludes de arena o grava experimentan pequeños deslizamientos o hundimientos. Se dañan los canales de hormigón para riego. Tienen todas las campanas.	Daño moderado	Grietas			Pequeños derrumbes: hundimientos en bancos de arena y grava.

GRADO	HOMBRE ⁽¹⁾	CONSTRUCCIONES (Estructuras)				NATURALEZA
		Tipo D	Tipo C	Tipo B	Tipo A	
VIII	Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aún el derrumbe parcial en edificios de albañilería bien contruidos. En edificios de albañilería bien proyectados y contruidos sólo se producen daños leves. Caen murallas de albañilería. Caen chimeneas en casas e industrias; caen igualmente monumentos, columnas, torres y estanques elevados. Las casas de madera se desplazan y aún salen totalmente de sus bases. Los tabiques se desprenden. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en las corrientes de agua y en la temperatura de vertientes y pozos. Aparecen grietas en el suelo húmedo, especialmente en la superficie de las pendientes escarpadas.	Grave daño	Daño moderado (colapso parcial)			Ramas de los árboles desgajadas, cambio en el flujo y temperatura de fuentes, grietas en tierra húmeda y lugares empinados.
IX	Se produce pánico general. Los edificios de albañilería mal proyectados o mal contruidos se destruyen. Los edificios corrientes de albañilería bien contruidos se dañan y a veces se derrumban totalmente. Los edificios de albañilería bien proyectados y bien contruidos se dañan seriamente. Los cimientos se dañan. Los edificios de madera son removidos de sus cimientos. Sufren daños considerables los depósitos de agua, gas, etc. Se quiebran las tuberías (cañerías) subterráneas. Aparecen grietas aún en suelos secos. En las regiones aluviales, pequeñas cantidades de lodo y arena son expelidas del suelo.		Grave daño (a veces colapso completo)	Grave daño	Daño leve	Grandes grietas en el suelo, cráteres de arena, fuentes nuevas.
X	Se destruye gran parte de los edificios de albañilería de toda especie. Se destruyen los cimientos de los edificios de madera. Algunas construcciones de madera bien contruidas, incluso puentes se destruyen. Se producen grandes daños en represas, diques y malecones. Se producen grandes desplazamientos del terreno en los taludes. El agua de canales, ríos, etc., sale proyectada a las riberas. Cantidades apreciables de lodo y arena se desplazan horizontalmente sobre playas y terrenos planos. Los rieles de las vías férreas quedan ligeramente deformados.	Grave destrucción. Rieles doblados.	Destrucción moderada	Destrucción leve	Daño moderado	Grandes derrumbes, desplazamiento horizontal de tierra plana y en las playas.
XI	Muy pocos edificios de albañilería quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las tuberías (cañerías) subterráneas quedan totalmente fuera de servicio.	Las tuberías subterráneas de agua, gas, luz, y teléfono, etc., quedan completamente fuera de servicio. Los rieles se doblan considerablemente.				Grandes grietas en la tierra y deslizamientos. Grandes cantidades de agua son inyectadas, mezcladas con lodo y arena. Posibles Tsunamis.
XII	El daño es casi total. Se desplazan masas de rocas. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.	CATASTROFE				Desplazamientos de grandes masas de roca. Objetos lanzados al aire.

⁽¹⁾ Norma chilena adoptada oficialmente el 9 de agosto de 1961, con base en la Escala Internacional de 12 grados (Escala de Mercalli modificada).

ALGUNOS DE LOS SISMOS MAS IMPORTANTES DE LOS ULTIMOS AÑOS

AÑO	M	LOCALIZACION	OBSERVACIONES
1906	7	Valparaíso — CHILE	1 500 muertos
1906	7	San Francisco — California EE.UU.	700 muertos
1920	8	Canso — CHINA	180 000 muertos
1923	8	Tokio — Kanto — JAPON	143 000 muertos
1939	7	Chillán — CHILE	30 000 muertos
1950	8,6	Assam — INDIA	1 500 muertos
1960	8,75	Valdivia — Concepción — CHILE	5 700 muertos
1962	7	Buyin — IRAN	10 000 muertos
1964	8,4	Anchorage — Alaska — EE.UU.	114 muertos
1964	7,5	Núgate — JAPON	Licuefacción
1968	7,9	Tokachi — Oki — JAPON	Colapso en grandes edificios hormigón armado
1970	7	Chimbote — PERU	50 000 muertos
1971	7,2	San Francisco — California EE.UU.	Colapso en grandes edificios hormigón armado
1973	8	Tibet — CHINA	Gran falla geológica

NOTA: Con las correcciones efectuadas en la determinación de la Magnitud (1972) el terremoto de Valdivia queda con una Magnitud de 9,65, la más grande medida en la historia de la sismología.

FUENTE: Baldur Heim Gessner Universidad Católica de Valparaíso Chile.