

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas



## **La Investigación Sismológica en Venezuela**

ISBN 980-6069-11-0

Queda hecho el depósito de Ley

Depósito Legal: No lf81020025513612

Redacción: Zoraida Pereira

Apoyo técnico: Gloria Romero

Producción Gráfica: Idanis Pozo

Se terminó de imprimir en diciembre de 2002,  
en Impresos Lauper. Caracas, Venezuela.

Para la impresión de esta publicación se contó con el apoyo financiero de Fondo  
Común, Banco Universal.

Esta es una edición de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Funvisis,  
institución adscrita al Ministerio de Ciencia y Tecnología.

[www.funvisis.org.ve](http://www.funvisis.org.ve)

# Indice

Introducción .....	5
--------------------	---

## Capítulo I

<b>Venezuela sísmica</b> .....	7
¿Qué es un sismo?.....	10
¿Dónde y por qué se producen los sismos? .....	10
Tectónica de placas .....	13
¿Qué son ondas sísmicas? .....	16
Tipos de ondas	
<i>Primarias</i> .....	17
<i>Secundarias</i> .....	17
<i>Love</i> .....	18
<i>Rayleigh</i> .....	18

## Capítulo II

<b>Geología sísmica y riesgo geológico</b> .....	19
Importancia de la geología sísmica.....	19
Cartografiando fallas activas.....	22
Sismicidad histórica .....	30
Precusores de la investigación sísmológica en Venezuela .....	41

## Capítulo III

<b>¿Qué es la sismología?</b> .....	45
El sismógrafo: sensibilidad y precisión.....	47
¿Qué es una Red de Estaciones Sismológicas?.....	50
Red Sismológica de Venezuela .....	51
Red Acelerográfica de Venezuela.....	54
¿Cómo se capta la información sísmica? .....	55
Localización y cuantificación de los sismos .....	58
Cálculo del epicentro de un sismo.....	59

Magnitud.....	61
Intensidad .....	61
Charles F. Richter y Giuseppe Mercalli.....	62
Escala modificada de Mercalli.....	63

## Capítulo IV

<b>Ingeniería sismorresistente</b> .....	67
Disposición geométrica de un edificio y efectos sobre la sismorresistencia .....	67
Disposición de los elementos estructurales .....	70
Sismorresistencia.....	70
Norma Sismorresistente Venezolana .....	71
La norma y su filosofía.....	74

## Capítulo V

<b>Prevención</b> .....	75
¿Qué es el Aula Sísmica?.....	75
Flor Teresa Ferrer de Singer.....	80
Los tres momentos de la prevención .....	81
El valor de Madeleilis Guzmán.....	84

<b>Glosario</b> .....	85
-----------------------	----

## Anexos

Comentario sobre la zonificación sísmica .....	95
Zonificación Sísmica de Venezuela .....	98
Canciones populares.....	103
Mitos y leyendas sobre sismos y otros fenómenos naturales.....	107
Sismos y presidentes de Venezuela <i>El poderoso sismo de 1875 y Antonio Guzmán Blanco</i> .....	111
<i>El sismo de 1900: un balcón y un susto sorprende a Cipriano Castro</i> .....	114
<i>Juan Vicente Gómez; tras la pista del terremoto de 1929</i> .....	115

<b>Bibliografía</b> .....	117
---------------------------	-----

## Introducción

Los eventos naturales siempre han producido temor e inquietud en el hombre, porque significan el enfrentamiento con lo desconocido, a fuerzas que, una vez desatadas, resultan incontrolables: terremotos, tsunamis, inundaciones, erupciones volcánicas, huracanes, tormentas eléctricas, aludes torrenciales y deslizamientos.

En el caso particular de Venezuela, se puede decir que, principalmente, los desvelos se deben a las lluvias, las cuales a lo largo del año ocasionan más de un motivo de preocupación, no sólo por los derrumbes que producen, sino por el desbordamiento de ríos y quebradas, lo que tradicionalmente se traduce en la pérdida de vidas humanas y bienes materiales. A esto se une la presencia de otro fenómeno no recurrente que también es motivo de preocupación: los terremotos.

La distribución de terremotos en la región venezolana pone de manifiesto la actividad y la concentración de focos sísmicos en la región norte-costera, originados por la liberación de energía producto del contacto entre las placas tectónicas Caribe y Suramericana.

A pesar de la demanda de material informativo sobre terremotos por parte de docentes, universitarios, profesionales y público en general, con poco conocimiento sobre estos eventos, hay una carencia de libros de fácil lectura y comprensión sobre este tema.

La finalidad de este libro es proporcionar una descripción sencilla y actualizada sobre la sismología venezolana, así como familiarizar al lector con la cultura sísmica, con la intención de que conozca las medidas a tomar antes, durante y después de un terremoto.

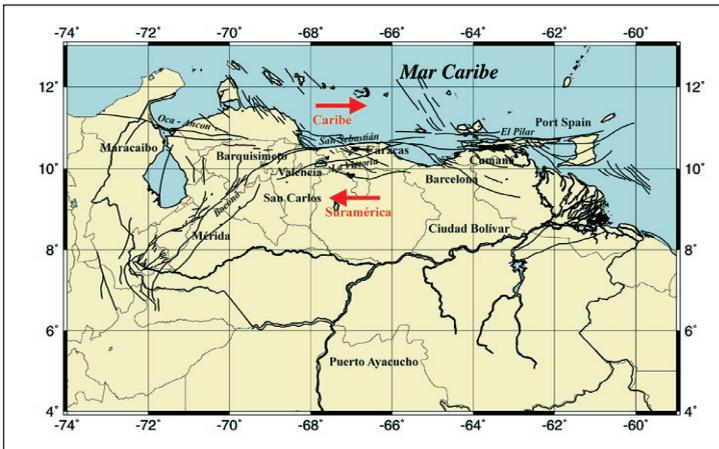
Con la edición de este material, la Fundación Venezo-

lana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), cumple con la responsabilidad de proporcionar detalles y datos sobre la sismicidad en Venezuela y zonas vecinas, actividad que realiza como complemento a las investigaciones especializadas sobre terremotos que le asigna la Ley.

Finalmente, le damos las gracias a los investigadores que ayudaron a que estas notas se hayan convertido en el libro que hoy presentamos, particularmente al profesor Franco Urbani, de la Universidad Central de Venezuela, quien hizo pertinentes observaciones que contribuyeron al enriquecimiento del texto.

## Capítulo I Venezuela sísmica

Venezuela se encuentra ligada a un contexto geodinámico complejo producto de la interacción entre la placa Caribe y Suramericana, el movimiento de la placa Caribe hacia el este con respecto a la Suramericana (figura 1) produce una actividad sísmica significativa (figura 2).



**Fig. 1.** Mapa de Venezuela donde se muestra el sistema de fallas principales y la dirección de las placas.

La zona de contacto entre la placa del Caribe y la placa Suramericana está conformada por tres sistemas de fallas, cuyo ancho promedio oscila alrededor de los 100 km. Estas fallas son la de Boconó (Los Andes), San Sebastián (Cordillera de la Costa) y El Pilar (Serranía del Interior), y son las causantes de los eventos más severos que han ocurrido en el territorio nacional. Además, existen otros accidentes activos menores (Oca-Ancón, Valera, La Victoria, entre otros), capaces de producir sismos importantes como los

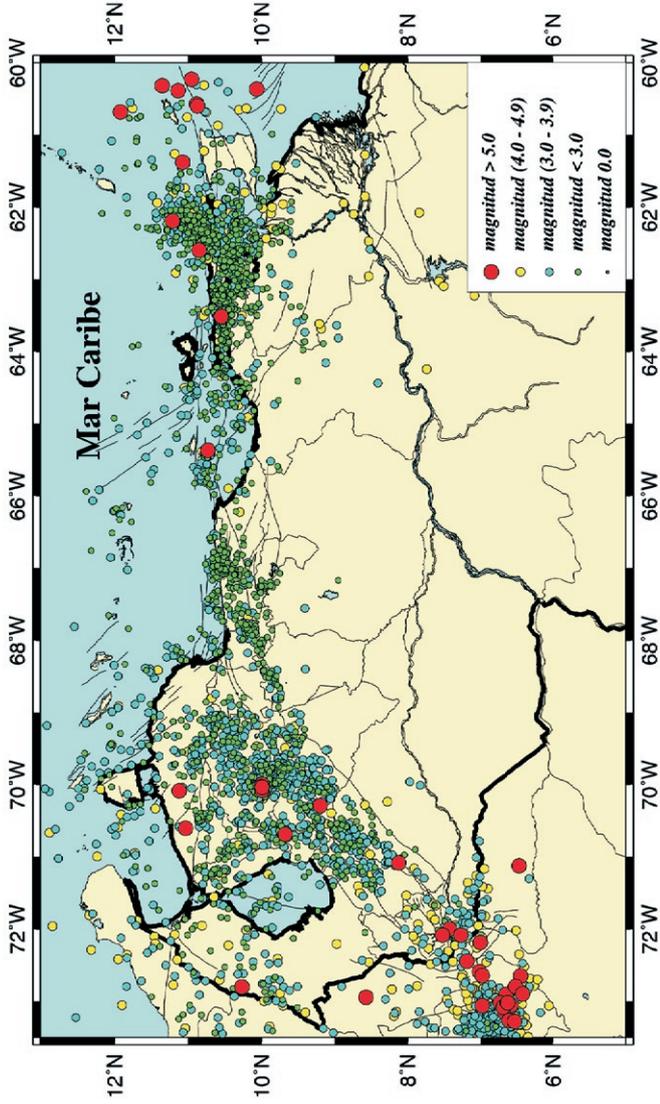


Fig. 2. Mapa de Sismicidad Instrumental de Venezuela, FUNVISIS.

ocurridos en Churuguara, estado Falcón, durante los años 1964, 1966, 1970, 1976, 1980, 1986 y 1990.

La historia sísmica de nuestro país revela que a lo largo del período 1530-2002 han ocurrido más de 137 eventos sísmicos que han causado algún tipo de daño en poblaciones venezolanas (ver Fig. 3). De todos ellos el más devastador fue el de 1812, el cual según Gunther Fiedler (1961) tuvo tres epicentros, y afectó a ciudades tan distantes como Mérida, Barquisimeto, San Felipe y Caracas, causando más de 20 mil víctimas, es decir, el 5% de la población estimada para la época. En relación a este terremoto, Rogelio Altez (1999) sostiene que en 1812 hubo dos eventos: uno en Caracas y otro en Mérida. El de Caracas, según afirma, fue a las 4:07 de la tarde y el de Mérida, aproximadamente, una hora después.

Otros terremotos, más cercanos en el tiempo, como el de Caracas en 1967, han determinado la toma de decisiones. A raíz de este evento, se decidió crear la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Funvisis, el 27 de julio de 1972 y Defensa Civil, institución que se ocupa de las acciones de salvamento y prevención. Más



Fig. 3. Venezuela País Sísmico, visión geo-histórica, FUNVISIS.

recientemente, el terremoto de Cariaco, en 1997, llevó a que Funvisis formalizara la creación del Programa Aula Sísmica “Madeleilis Guzmán” con el objetivo de reforzar la acción preventiva hacia la comunidad.

En resumen, en Venezuela siempre existe la posibilidad de que, en cualquier momento, se presente un terremoto, por esta razón se deben tomar medidas que contribuyan a preservar nuestra vida y bienes.

### **Qué es un sismo?**

Un sismo es un movimiento súbito e impredecible de una parte de la corteza terrestre, ocasionado por fuerzas que tienen su origen en el interior de la Tierra.

Pueden ser de origen *tectónico*, producidos por el desplazamiento de bloques de la litosfera, o *volcánico*, producido por la extrusión de magma hacia la superficie. En ambos casos hay una liberación de energía acumulada que se transmite en forma de ondas elásticas, causando vibraciones y oscilaciones a su paso a través de las rocas sólidas del manto y la litosfera hasta “arribar” a la superficie terrestre.

Los terremotos pueden ser superficiales, intermedios o profundos, dependiendo de su localización. En relación a este punto hay diferentes criterios, sin embargo citaremos a Bruce Bolt, quien localiza los sismos superficiales en la franja que va desde 0-70 km, los intermedios entre 70-300 km, y los profundos entre 300-700 km.

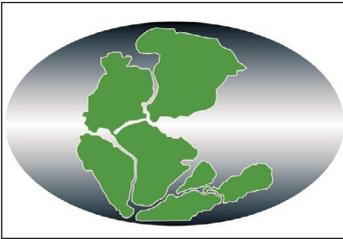
En el caso de Venezuela, casi todos los sismos destructores han sido de origen superficial, ejemplos lo constituyen el de Cariaco (09 de Julio de 1997) y el de Caracas (29 de Julio de 1967). Otro sismo superficial de reciente data es el que se sintió en Caracas y zonas circunvecinas el 31 de octubre de 2001.

### **¿Dónde y por qué se producen los sismos?**

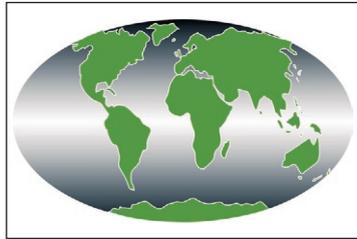
Antes de dar respuesta a ambas interrogantes, hay que pasearse por la teoría del movimiento de los continentes, cuyas primeras ideas fueron esbozadas por el alemán Alfred Wegener en 1912, quien aseguraba que hace 200

millones de años los continentes estaban juntos, formando una gran masa o supercontinente llamado Pangea, fracturado y dispersado después por grandes movimientos horizontales. Para avalar su teoría analizó los mapas geológicos donde se demostraba la existencia de tipos de roca muy similares entre Norteamérica y Europa, y Suramérica y África. Datos aportados por paleontólogos y climatólogos contribuyeron a darle fuerza a su teoría; sin embargo, en ese entonces, nadie creyó en su propuesta sobre el movimiento de los continentes.

Hacia 1960, nuevos datos permitieron reactivar las ideas de Wegener, donde se demostraba que los continentes sí se movían, pero como parte de un movimiento mayor, cuya clave estaba en las profundidades del mar (Figuras. 4 y 5).



**Fig. 4.** La Tierra, hace 200 millones de años.

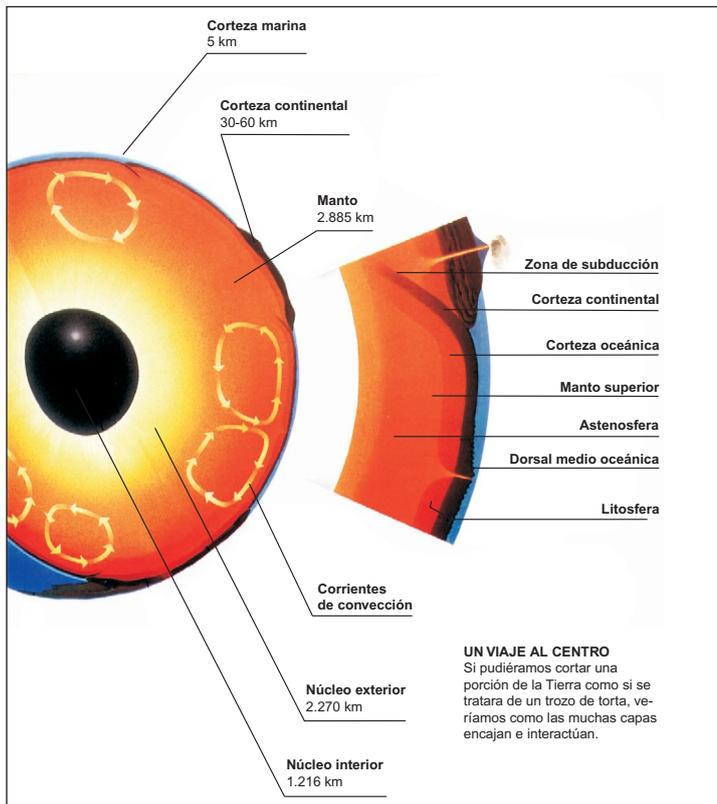


**Fig. 5.** La Tierra hoy. ([www.usgs.org.com](http://www.usgs.org.com)).

Los estudios sobre el fondo del océano Atlántico arrojaron una serie de descubrimientos importantes: la existencia de cordilleras submarinas o dorsales centro-oceánicas que pasan por todos los mares y cuya extensión acumulada es de unos 80.000 km, que en su parte central dichas cordilleras se dividen en dos mitades y en el medio hay muchos volcanes activos y emanaciones de aguas calientes; asimismo, se descubrió que en todos los mares hay trincheras o fosas muy profundas, de 8.000 m o más, mientras que la profundidad promedio de los océanos es de unos 4.000 m y -lo más impactante- que las rocas del fondo del mar no pasan de los 200 millones de años.

Para sorpresa de los investigadores también se constató que la capa de sedimentos era bastante delgada, de 500 a 1.000 m de espesor, a pesar de que por millones de años se ha sedimentado una cantidad inimaginable de toneladas de lodo y restos de seres vivos.

Aquí cabe preguntarse, ¿qué relación existe entre el fondo del océano y el movimiento de los continentes? La corteza es la sección del planeta más superficial y a la vez la más cercana al manto, que es donde se desencadenan las fuerzas que dan origen al desplazamiento de los continentes y por ende a los terremotos (Fig. 6).



**Fig. 6.** Capas de la Tierra, mostrando las relaciones entre los tipos de corteza.  
 Fuente: Moore, 1996.

Harry Hess y Robert Dietz, propusieron, en 1961, teorías similares que explicaban los datos obtenidos de los fondos marinos. Señalaban que en las hendiduras centrales de las cordilleras oceánicas se forma constantemente roca nueva, que sube fundida desde la astenosfera y que se enfría y acumula originando las estructuras montañosas; es decir, constantemente se está formando corteza oceánica. Esta corteza formada en las cordilleras submarinas se mueve lateralmente de manera lenta por el fondo del mar y, eventualmente, choca con la corteza continental, formada por rocas que son más livianas que las que constituyen la corteza oceánica. Cuando las dos chocan, esta última se hunde originando las conocidas fosas y regresando de esta manera al manto.

Los continentes se localizan sobre las placas tectónicas y son arrastrados por el movimiento que generan las mismas.

### **Tectónica de placas**

Según esta teoría, la litosfera está seccionada en placas que se encuentran sobre el segundo nivel del manto o astenosfera, que es más plástico o pastoso. Dichas placas, separadas por cadenas montañosas o fosas, se mueven lentamente, chocando o rozándose unas con otras. Por el centro de estas cadenas montañosas, sube constantemente material fundido del manto y por las fosas baja roca de la corteza oceánica hacia el manto.

Las placas se mueven relativamente entre ellas y en los bordes o zonas de interacción pueden producirse algunos de los siguientes fenómenos:

**1) Formación de nueva corteza:** El desplazamiento del magma, fundido y muy caliente, que escapa hacia el exterior provoca volcanes y terremotos de magnitud variable. Como ejemplo están los volcanes del centro del océano Atlántico.

**2)Roce entre placas:** Al pasar una al lado de la otra se crean esfuerzos, los cuales se liberan violentamente cuando las rocas llegan a su punto de fractura. Esta situación

produce terremotos que pueden llegar a ser de naturaleza variable. Un caso como este es lo que ocurre mayormente al norte de Venezuela.

**3) Choques entre placas:** Aquí se pueden dar 3 situaciones:

**Choque de dos placas continentales.** Debido a su poca densidad ninguna se hunde, pero el choque hace que se arruguen formando una cadena montañosa, como la de los Himalayas y los Alpes, por ejemplo. Este tipo de choque también produce frecuentes terremotos (Fig. 7).

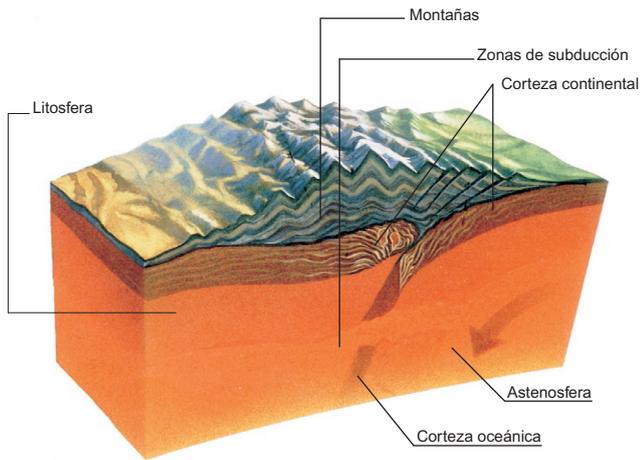


Fig. 7. Convergencia Continental-Continental. Fuente: Moore, 1996.

**Choque entre una placa oceánica y una placa continental.** Como la corteza oceánica es más densa, la placa subduce, regresa al manto y forma las grandes fosas que se han encontrado en los bordes de los océanos. Como consecuencia del choque se arruga la corteza y se forma una cadena montañosa. El choque de las dos placas y el descenso de la placa con corteza oceánica hacia las profundidades del planeta, también produce tensiones

entre las rocas, que pueden llegar a provocar terremotos. Uno de los mejores ejemplos es la cordillera andina, desde Colombia hasta Chile (Fig. 8).

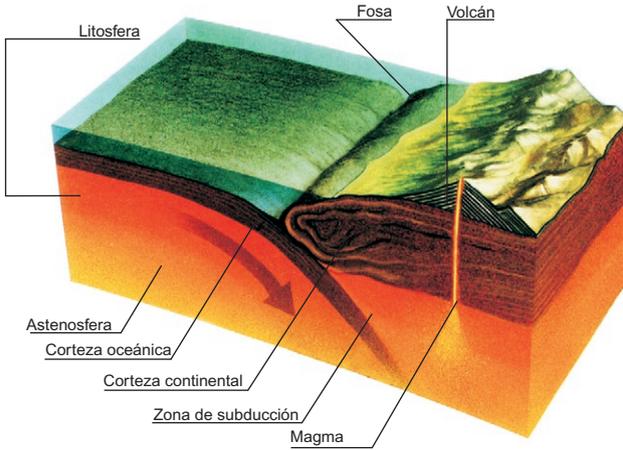


Fig. 8. Convergencia Oceánica-Continental. Fuente: Moore, 1996.

**Choque de dos placas oceánicas.** Aquí se hunde la más delgada o más densa de las dos. También ocurren terremotos y volcanes y se pueden originar islas volcánicas, como ocurre en las Antillas (Fig. 9).

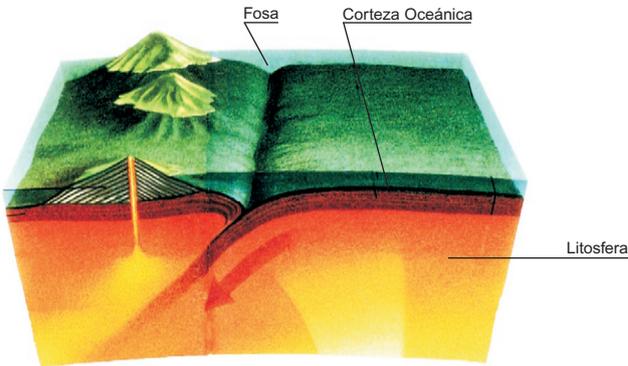


Fig. 9. Convergencia Oceánica-Oceánica. Fuente: Moore, 1996.

Los investigadores tienen argumentos para justificar el movimiento de las placas tectónicas: que la salida del magma caliente empuja a las placas y las aleja unas de otras, que la subducción en las fosas oceánicas arrastra al resto de la placa y la hace moverse, que estas placas se mueven debido a que en el manto se forman corrientes de convección.

Esta última hipótesis es la más aceptada y significa que la roca del manto cercano al núcleo terrestre se calienta y, por lo tanto, se hace menos densa y sube. Al subir desplaza hacia abajo la roca más fría, que a su vez se calienta y sube. Se establece así un movimiento en circuito cerrado de la masa rocosa. Este movimiento empuja entonces a las placas de arriba produciendo su desplazamiento (Fig. 10).

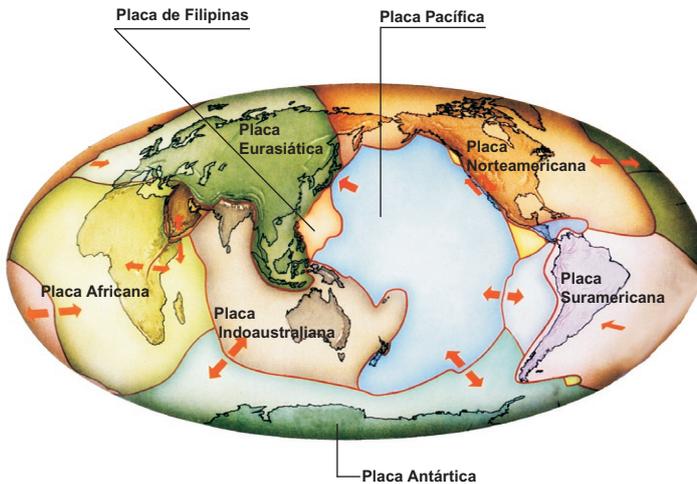


Fig. 10. Placas tectónicas.

### ¿Qué son ondas sísmicas?

Son oscilaciones que se propagan desde una fuente (foco o hipocentro) a través de un medio material elástico (sólido y líquido) transportando energía mecánica. Se clasifican en Corpóreas y Superficiales. Las Corpóreas viajan por el interior de la Tierra y se clasifican en Primarias (P) y Secundarias (S). Las Superficiales, como su nombre lo in-

dica, se desplazan por la superficie del planeta y se dividen en Ondas Love (L), llamadas así en honor al investigador que las descubrió, y Ondas Rayleigh (R), por la misma circunstancia.

## Tipos de Ondas

### Ondas Primarias (P):

Son las primeras en alcanzar la superficie terrestre. Viajan a través de rocas sólidas y materiales líquidos, siendo sus vibraciones longitudinales. Su efecto es similar a una estampida sónica que retumba y hace vibrar las ventanas.

#### ONDAS P

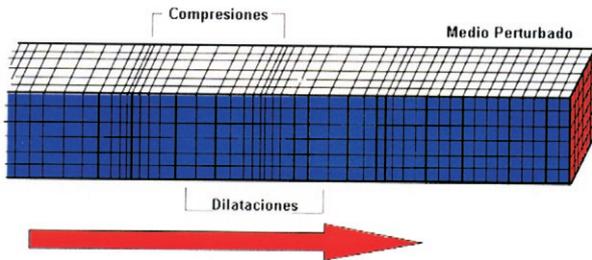


Fig. 11. Ondas Primarias (P).

### Ondas Secundarias (S):

Viajan más lento que las ondas P, por lo que arriban con posterioridad a la superficie terrestre. Producen movi-

#### ONDAS S

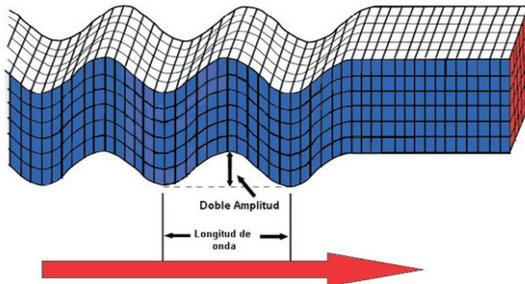


Fig. 12. Ondas Secundarias (S).

mientos de las partículas sólidas en dirección perpendicular al sentido de propagación. No se propagan a través de las partes líquidas de la tierra. Su movimiento es de arriba abajo y de lado a lado, sacudiendo la superficie del suelo vertical y horizontalmente. Este es el movimiento responsable del daño a las estructuras.

### Ondas Love (L)

Su movimiento es el mismo que el de las Ondas S, sólo que restringido a los intervalos de interacción entre las diferentes capas de la superficie terrestre. Viajan más rápido que las Ondas Rayleigh.

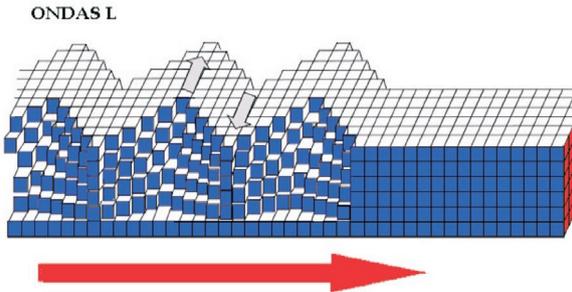


Fig. 13. Ondas Superficiales Love (L).

### Ondas Rayleigh (R)

Tienen una trayectoria elíptica en el plano vertical orientado en la dirección en que viajan las ondas.

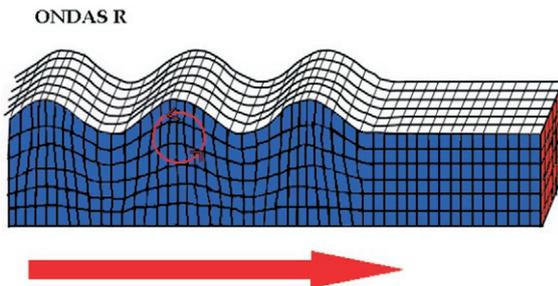


Fig. 14. Ondas Superficiales Rayleigh (R).