

Capítulo  
1 / 8

Contenido página

[Introducción](#)

[El epicentro](#)

[Intensidades](#)

[Richter](#)

[El sismógrafo](#)

[Terremotos en el mundo](#)

[PRINT: Imprimir PDF](#)  
[Versión-PDF](#)

Beno Gutenberg  
(\*1889 - †1960)

Geofísico u meteorólogo alemán - norteamericano. Calculó con exactitud el límite entre núcleo y manto. Se juntó con RICHTER en el *California Institute of Technology*, ambos desarrollaron la escala Gutenberg-Richter - hoy conocida como escala RICHTER.

[Véase también sobre el terremoto en Copiapó 1922](#)

Inglés:  
Terremoto: Earthquake

Alemán:  
Terremoto: Das Erdbeben

Contenido: [Introducción](#) / [El epicentro](#) / [Intensidades](#) / [Richter](#) / [El sismógrafo](#) / [Mundo](#)

## 1. Introducción:

Las fuerzas tectónicas en la corteza terrestre producen algunas veces una ruptura repentina de las rocas. Durante este fenómeno salen diferentes ondas sísmicas que pueden dañar edificios y otras construcciones.

Se distinguen tres tipos de terremotos:

### Tipos de terremotos

#### 1. A causa de fuerzas tectónicas

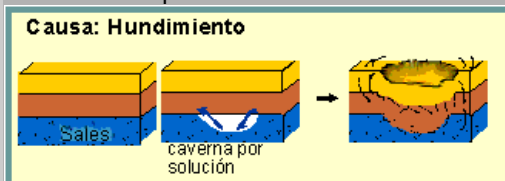


En algunos sectores del mundo la corteza terrestre sufre fuerzas tectónicas que deforman las rocas. Algunas veces las fuerzas se liberan en una rotura. Estos movimientos tectónicos provocan ondas sísmicas que a la superficie terrestre se siente como temblor.

#### 2. Por explosión de un volcán

La explosión de un volcán puede generar ondas sísmicas.

#### 3. Terremotos por hundimiento



Derrumbes subterráneos generan temblores que se siente fuertemente en los sectores cercanos. Eso ocurre muchas veces donde

## Contenido

### Apuntes Geología General



Contenido Geología General

[I. Introducción](#)

[1. Universo - La Tierra](#)

[El Universo](#)

[Sistema Solar - La Tierra](#)

[La Tierra](#)

[La Tierra: La corteza](#)

[Geofísica](#)

[Métodos geofísicos](#)

[► Terremotos](#)

[2. Mineralogía](#)

[3. Ciclo geológico](#)

[4. Magmático](#)

[5. Sedimentario](#)

[6. Metamórfico](#)

[7. Deriva Continental](#)

[8. Geología Histórica](#)

[9. Geología Regional](#)

[10. Estratigrafía - perfil y mapa](#)

[11. Geología Estructural](#)

[12. La Atmósfera](#)

[13. Geología económica](#)

[Bibliografía](#)



[Apuntes](#)

[Museo Virtual](#)

[Terremotos en la Región Atacama](#)

[Retratos históricos](#)



[Módulo "historia de las geociencias"](#)

[Ondas tsunami](#)

[Desplazamientos](#)

[Sismómetro de 1818](#)

[Páginas de Geología](#)  
[Apuntes Geología General](#)  
[Deriva continental](#)

[Apuntes Geología General](#)  
[Apuntes Geología Estructural](#)  
[Apuntes Depósitos Minerales](#)  
[Colección de Minerales](#)  
[Periodos y épocas](#)  
[Figuras históricas](#)  
[Citas geológicas](#)  
[Exploración - Prospección](#)

[Índice de palabras](#)  
[Bibliografía](#)  
[Fotos: Museo Virtual](#)

[GIF'S](#)

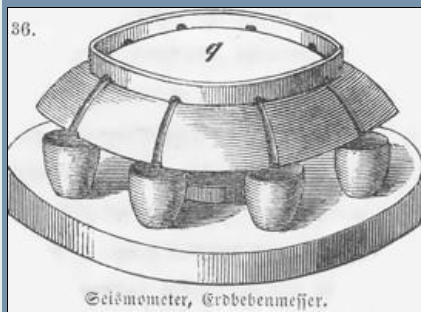
[ANIMACIÓN](#)



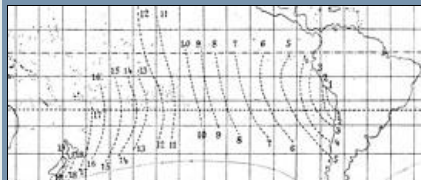
Daños del terremoto de Copiapó en 1918. (Museo Regional)  
[véase más de Atacama](#)



Daños del terremoto de 1922 en Freirina, Región de Atacama  
[véase más de Atacama](#)



En el comienzo se uso sismógrafos con mercurio - donde se renvalso el mercurio indicó la dirección de los movimientos-  
[Véase retratos históricos](#)



Desarrollo del Tsunami de Arica en 1868 - de Kayser (1912):  
[Véase aquí](#)

hay karst o depósitos de sal en la profundidad.


[www.geovirtual2.cl](http://www.geovirtual2.cl)

No todas las regiones del mundo están afectadas por la misma cantidad de terremotos. En general las regiones cerca de un [margen continental activo](#) sufren grandes cantidades y intensidades de temblores o terremotos (como Chile, Perú, Japón, Italia, Serbia, Croacia, El oeste de los Estados Unidos y China)

[véase: Deriva continental](#)

## 2. El foco y el epicentro

El foco o hipocentro del terremoto es el lugar de liberación de la energía. El epicentro la proyección a la superficie.

La distancia del foco de un sismo se refleja en la llegada de las rápidas ondas primarias (ondas p) y de las más lentas ondas secundarias (ondas s). La diferencia del tiempo entre ambos (delta t) es grande sí el foco esta lejos. Sí el foco es muy cerca la diferencia temporal entre la llegada de ondas s y p es muy corta.  [ANIMACIÓN](#)

El epicentro de un terremoto se determina de modo siguiente. En los observatorios se detecta el tiempo de llegada de las ondas p y s, que se propagan con diferentes velocidades, la onda p con la velocidad mayor, la onda s con la velocidad menor. De la diferencia en la llegada de las ondas p y s se puede calcular el tiempo inicial del terremoto (con las velocidades de las ondas conocidas). Para los observatorios más cercanos al epicentro (por lo menos tres) se construye un círculo con radio  $r = \text{velocidad de la onda p (o "s")} \times \text{tiempo de inicio}$ . Tres de estos círculos se interceptan en un solo punto, que es el epicentro del terremoto.

La mayoría de la energía sísmica se libera en profundidades entre 0 y 70 km (85%), en una profundidad moderada de 70 a 300km se libera 12% de la energía sísmica, en una profundidad alta entre 300km y 700km se genera solo 3% de la energía sísmica. Terremotos debajo de 720km jamás fueron detectados.

## 3. Intensidad de un terremoto:

### 3.1 Escalas relativos (Intensidades):

La intensidad de un terremoto se puede expresar en escalas relativas de intensidad, como la escala de MERCALLI o la escala de ROSSI-FOREL, que se basan en las destrucciones causadas. La escala de MERCALLI fue diseñada en 1902 y modificada en 1956 por Charles RICHTER. Se constituye de los niveles I a XII.

[Escala de Rossi-Forel:](#)



Artículo: The interior of the earth: del USGS:  
<http://pubs.usgs.gov/gip/interior/>



[Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile](#)  
[Los últimos 10 temblores en Chile](#)

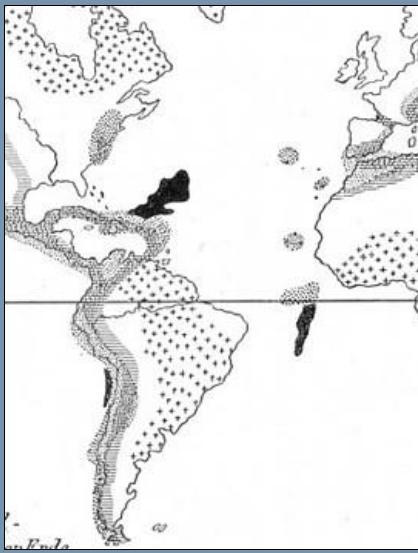
USGS: The Severity of an Earthquake <http://pubs.usgs.gov/gip/earthq4/severitygip.html>

Enlaces de temblores:  
<http://www.geologylink.com/toc/chap10.htm>

Terremoto en Valdivia 1960  
<http://www.angelfire.com/nt/terremotoValdivia/>

Temblores y sismología apuntes en inglés: <http://www.uh.edu/~jbutler/physical/chapter18.html>

Terremotos y otros riesgos geológicos: <http://www.angelfire.com/nt/terremotos/>



Distribución de los terremotos según Montessus de Ballore en Kayser 1912:

Puntos: Terremotos

Líneas: Orogenesis

Cruces: Escudos

Negro: Mayores profundidades

Carta en total: [Carta](#)

[distribución de los terremotos](#)

(Montessus de Ballore en

[Kayser, 1912](#))

Montessus de Ballore ya en

1912 buscó una correlación

entre sistemas orogénicos

jóvenes y terremotos

### Escala de intensidad de sismos según Rossi-Forel:

Intensidad	Descripción
I	Registrable solamente por instrumentos
II	Sentido por poco personas en reposo
III	Sentido por varias personas en reposo
IV	Sentido por varias personas en movimiento, desplazamiento de objetos
V	Sentido generalmente por todos, movimiento de muebles
VI	Despertar general de aquellos que duermen
VII	Vuelcos de objetos móviles, caída de partes de muros
VIII	Caída de chimeneas, grietas en las paredes de los edificios
IX	Destrucción total o parcial de algunos edificios
X	Gran desastre, fisuras en la corteza terrestre

[www.geovirtual2.cl](http://www.geovirtual2.cl)

La escala de Mercalli tiene 12 intensidades, pero es muy parecida

### 3.2 Escalas absolutas miden la magnitud

Escala de Gutenberg - Richter: La escala de Richter (actualmente se usa "escala Richter" aunque los autores son Gutenberg & Richter) mide la energía durante un terremoto en una forma logarítmica. Esta escala no tiene un límite hacia arriba.

La magnitud de un temblor es una medida instrumental de la energía liberada por un terremoto, que se expresa en una escala absoluta logarítmica introducida por RICHTER (1935) originariamente basándose en los registros de temblores cercanos por medio de un sismógrafo sensible para períodos cortos, el llamativo sismógrafo de WOOD-ANDERSON. La variación grande de la energía en los temblores hace necesario la aplicación de una escala logarítmica. Normalmente la magnitud se estima midiendo las amplitudes, que se producen en la superficie terrestre y que se registran en los observatorios solo situados alrededor del epicentro o de todo el mundo. La forma general de la ecuación empírica para la magnitud  $M$  es:

$M = \log_{10} A/T + F(D,P) + \text{constante}$ , donde

$A$  = amplitud máxima producida en la superficie en micrómetros, se la deduce de los registros del sismógrafo.

$T$  = periodo de la onda en segundos.

$F$  = función empírica de la distancia  $D$  expresada en ° y de la profundidad  $P$  del foco expresada en kilómetros.

Por medio de la escala de RICHTER se cuantifica la energía sísmica liberada por el terremoto. La escala de RICHTER es absoluta y logarítmica basándose en las amplitudes de ondas registradas en la superficie. La escala de RICHTER parte de menos de 0 y siendo abierta hacia arriba.

### Escala de Gutenberg-Richter o RICHTER

RICHTER	valor	descripción
- 3	$10^{-3}$	Los sismógrafos modernos son sensibles para niveles de -3,0.
- 2	$10^{-2}$	
- 1	$10^{-1}$	
- 0,5	$10^{-0,5}$	M = $10^{-0,5}$ unidades de energía por ejemplo es la magnitud de energía generada por la caída de una roca de 100kg de masa desde una altura de 10m sobre la superficie terrestre.
1	$10^1$	
2	$10^2$	Los menores sentados temblores por los seres humanos son del nivel 2 de la escala de RICHTER
3	$10^3$	Muy frecuente en zonas sísmicas alrededor de un evento en un lugar determinado cada dos meses
4	$10^4$	En zonas sísmicas relativamente común
5	$10^5$	Movimientos relativamente fuertes - dan susto.
6	$10^6$	La gente generalmente corren hacia afuera. No tan frecuente - daños
7	$10^7$	
8	$10^8$	
8,5	$10^{8,5}$	En 1960 en Chile (calculo original)
9,5	$10^{9,5}$	En 1960 en Chile - Valdivia (recalculado)

[www.geovirtual2.cl](http://www.geovirtual2.cl)

### 3.3 El Sismógrafo

Un sismógrafo registra los movimientos del suelo en las dos direcciones horizontales y en la vertical. Un sismógrafo ideal sería un instrumento sujetado en una base fija, la cual se ubica afuera de la Tierra. De tal modo las vibraciones generadas por un movimiento del suelo se podrían medir a través de la variación de la distancia entre el instrumento sujetado en la base fija y el suelo. En un sismógrafo se une una masa (elemento inerte) ligeramente con el suelo, de tal manera que el suelo puede vibrar sin causar grandes movimientos de la masa. La masa puede ser acoplada con el suelo por medio de un péndulo o por medio de un resorte por ejemplo. Durante el movimiento del suelo la masa tiende a mantener su posición debido a su inercia. El desplazamiento relativo del suelo con respecto a la masa inerte se utiliza para determinar el movimiento del suelo (tiempo de inicio del movimiento, amplitud, ubicación del epicentro). Los sismógrafos modernos pueden detectar desplazamientos del suelo de  $10^{-10}$  m, lo que son desplazamientos en dimensiones atómicas.

#### 4. Terremotos del mundo

Cantidad de terremotos durante un año en el mundo:

Cantidad de terremotos en el mundo (por año)		
Característicos	Magnitud (RICHTER)	Cantidad por año
Dstrucción casi total	mayor 8	0,1-0,2
Grandes destrucciones	mayor 7,4	4
Dstrucciones serias	7,0-7,3	15
Dstrucciones de algunos edificios	6,2-6,9	100
Dstrucciones leves en los edificios	5,5-6,1	500
Sentido generalmente por todos	4,9-5,4	1400
Sentido por varias personas	4,3-4,8	4.800
Sentido por algunas personas	3,5-4,2	30.000
Registrable solamente por instrumentos	2,0-3,4	800.000

[www.geovirtual2.cl](http://www.geovirtual2.cl)

#### Desastres naturales por terremotos

año	Lugar	Descripción	Muertos	Magnitud
-----	-------	-------------	---------	----------

1348	Austria, Villach	Aluvión	5000	-
1531	Lisboa, Portugal		30.000	
1556	Shensi, China	?	830.000	? 9
1626	Italia, Neapel		70.000	
1647	Santiago, Chile	70% de la ciudad completamente destruido	12.000	
1693	Sicilia, Italia		90.000	
1730	Hokkaido, Japón	?	137.000	?
1868	Arica	Tsunami ( <a href="#">véase trayecto del tsunami</a> )	25.000	8,5
1877	Tarapaca		2.500	8,3
1899	Alaska	levantamiento de la costa de 15m vertical	-	-
1906	San Francisco	Desplazamiento de 5m horizontal, fisuras abiertas	1000	8,2
1906	Valparaíso		4.000	8,2
1908	Messenia, Italia	Tsunami, fisuras abiertas	110.000	7,5
1920	Kansu, China	Fisuras abiertas, aluviones	200.000	8,6
1922	Atacama	En Vallenar 90% de los edificios con daños - descripción de <a href="#">Sieberg &amp; Gutenberg</a>	500	8,5
1923	Japón	Desplazamientos, Tsunami, destrucción de 650.000 edificios	145.000	8,3
1939	Chile	Cambio de la morfología	28.000	8,3
1960	Chile, Valdivia	Activó volcanes, formación de nuevos volcanes. El más fuerte medido con magnitud.	4.000	9,5 (8,5)
1962	Irán	grandes destrucciones	20.000	7,0
1964	Alaska	El segundo más grande medido - tsunamis hasta más de 60 metros de altura.		9,2
1965	Chile, La Ligua		420	7,3
1976	Guatemala	hasta 2 m de desplazamiento	22.545	7,3



1976	China	80 % de las casas destruidas	650.000	7,2
2004	Sumatra	Tsunami en casi todo el mundo, 1,7 millones habitantes perdieron su habitación.	230.000	9,1
2010	Chile, Maule	Fuerte sismo con Tsunami, Concepción de desplazó 3 metros hacia al oeste. Con miles de replicas después.	521	8,8
2011	Japón, Honshu	Gran Tsunami, catástrofe en planta nuclear, 450.000 personas perdieron su hogar.	19.300	9,0

\*) El terremoto de Valdivia originalmente figura con una magnitud de 8,5. Un recalcu de los datos hoy día apunta a una magnitud de 9,5. (véase USGS)

[www.geovirtual2.cl](http://www.geovirtual2.cl)

[Véase "terremotos en la Región Atacama" \(Museo Virtual\)](#)

No se permite expresamente la re-publicación de cualquier material del Museo Virtual en otras páginas web sin autorización previa del autor: [Condiciones Términos - Condiciones del uso](#)



[Contenido Apuntes Geología General](#)  
[Índice de palabras](#)



#### Literatura:

- Autorenkollektiv (1980): Die Entwicklungsgeschichte der Erde. -Brockhaus Nachschlagwerk der Geologie: p.29-p.61 ; Brockhausverlag, Leipzig
- PRESS, F. & SIEVER, R. (1986): Earth.- 656 páginas, W.H. Freeman and Company
- [KAYSER, E.](#) (1912): Lehrbuch der Geologie. - Allgemeine Geologie; 4.edición, con 881 páginas; 611 figuras; editorial Ferdinand Enke, Stuttgart; Alemania.
- [SIEBERG, A. & GUTENBERG, B.](#) (1924): Das Erdbeben in der chilenischen Provinz Atacama am 10. November 1922. - 84+8 páginas, 2 figuras, 18 tablas, Gustav Fischer Verlag, Jena - Alemania.
- STANLEY, S. (1994): Historische Geologie.- pág. 231-261, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin Oxford.
- STRAHLER, A. (1992): Geología Física.- 629 páginas; Omega Ediciones, Barcelona.

#### Literatura - Revistas: más citas: [Terremotos](#)

S. Beck, S. Barrientos, E. Kausel and M. Reyes (1998) Source characteristics of historic earthquakes along the central Chile subduction zone. -Journal of South American Earth Sciences; Volume 11, Issue 2 Pages 115-129 ([online](#))

Clinton P. Conrad, Susan Bilek and Carolina Lithgow-Bertelloni (2004): Great earthquakes and slab pull: interaction between seismic coupling and plate-slab coupling . - Earth and Planetary Science Letters; Volume 218, Issue 1-2, Pages 109-122 [Abstract](#)

Jürgen Klotz , Giorgi Khazaradze , Detlef Angermann , Christoph Reigber , Raul Perdomo and Oscar Cifuentes (2001): Earthquake cycle dominates contemporary crustal deformation in Central and Southern Andes . - Earth and Planetary Science Letters; Volume 193, Issue 3-4, Pages 437-446 [Abstract](#)

Frédéric Masson, Catherine Dorbath, Claude Martinez and Gabriel Carlier (2000) Local earthquake tomography of the Andes at 20°S: Implications for the structure and building of the mountain rang. -Journal of South American Earth Sciences; Volume 13, Issue 1-2. Pages 3-19 ([online](#))

---

[www.geovirtual2.cl](http://www.geovirtual2.cl)

<a href="#">Apuntes</a>	<a href="#">Entrada del Museo virtual</a>	<a href="#">Región de Atacama / Lugares turísticos</a>
<a href="#">Apuntes Geología General</a>	<a href="#">Recorrido geológico</a>	<a href="#">Historia de la Región</a>
<a href="#">Apuntes Geología Estructural</a>	<a href="#">Colección virtual de</a>	<a href="#">Minería de Atacama</a>
<a href="#">Apuntes Depósitos Minerales</a>	<a href="#">minerales</a>	<a href="#">El Ferrocarril</a>
<a href="#">Periodos y épocas</a>	<a href="#">Sistemática de los animales</a>	<a href="#">Flora Atacama</a>
<a href="#">Módulo de referencias - geología</a>	<a href="#">Historia de las geociencias</a>	<a href="#">Fauna Atacama</a>
<a href="#">Índice principal - geología</a>	<a href="#">Minería en retratos históricos</a>	<a href="#">Mirador virtual / Atacama en b/n</a>
	<a href="#">Fósiles en retratos históricos</a>	<a href="#">Mapas de la Región / Imágenes 3-dimensionales</a>
	<a href="#">Índice principal - geología</a>	<a href="#">Clima de la Región Atacama</a>
	---	<a href="#">Links Enlaces, Bibliografía, Colección</a>
	<a href="#">Retratos Chile - Atacama</a>	<a href="#">Índice de nombres y lugares</a>

---

[sitemap](#) - [listado de todos los archivos](#) - [contenido esquemático](#)

[geovirtual2.cl](http://geovirtual2.cl) / [contenido esquemático](#) / [Apuntes](#) / [Apuntes geología general](#)



© Dr. Wolfgang Griem, Copiapó - Región de Atacama, Chile

Actualizado: 19.7.2015

[mail - correo electrónico - contacto](#)

**Autor info's aquí: [Google+](#)**

Todos los derechos reservados

No se permite expresamente la re-publicación de cualquier material del Museo Virtual en otras páginas web sin autorización previa del autor: [Condiciones](#)

[Términos - Condiciones del uso](#)