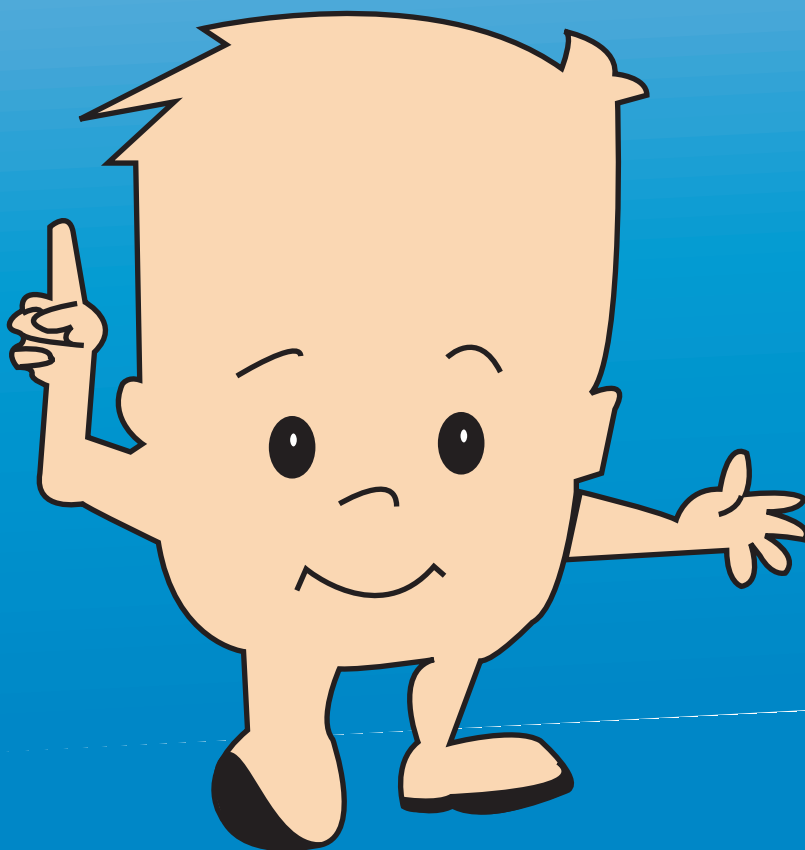
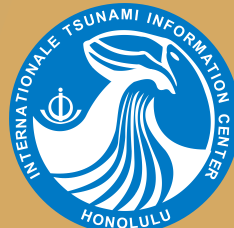


TERREMOTOS Y TSUNAMIS O MAREMOTOS



ENSEÑANZA MEDIA
TEXTO GUÍA PARA EDUCACIÓN DE ENSEÑANZA
MEDIA

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
Comisión Oceanográfica Intergubernamental
Centro Internacional de Informaciones de Tsunami



"Declarado MATERIAL DIDACTICO COMPLEMENTARIO Y/O DE CONSULTA DE LA EDUCACIÓN CHILENA, para la enseñanza de la Geografía General y de Chile, a nivel de alumnos de Prebásica, Educación General Básica y Enseñanza Media, respectivamente, de acuerdo a Informe Técnico Pedagógico N° 47, clase "A", de 1994, adjunto a oficio del Jefe de la División de Educación General del Ministerio de Educación, ordinario N° 05/00397 del 23 de marzo de 1994".



TERREMOTOS Y TSUNAMIS O MAREMOTOS TEXTO DE ENSEÑANZA MEDIA

ACERCA DEL TEXTO

Este libro es el resultado de la implementación de la Recomendación ITSU-XIII.3, de la Décimotercera Reunión del Grupo Internacional de Cooperación para el Sistema de Alarma de Tsunami en el Pacífico, y de la labor de varios expertos en educación. Un Grupo de Trabajo ad-hoc, encabezado por H. Gorziglia (Chile), revisó el trabajo hecho por los expertos, parcialmente financiados por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental.

AUTORES

Emilio Lorca Mella ^{***}, Geólogo
Margot Recabarren Herrera ^{**}, Experto en Educación

APOYO EDITORIAL

Carla Cuadra Borselli ^{***} Diseñadora Gráfica
Humberto Bahamondes^{***}, Ilustrador
Loreto Jiménez Grancelli ^{***}, Dibujante
José Freire Vera ^{***}, Dibujante

REVISORES

Elvira Arriagada Hidalgo ^{*}, Experta en Prevención de Riesgos
Hugo Gorzigila Antolini ^{***}, Director

(*) Secretaría Ministerial de Educación, Va. Región, Chile

(**) Dirección de Educación de la Armada, Chile

(***) Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, Chile

INDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1

LA TIERRA POR FUERA Y POR DENTRO

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

- 1.1 Naturaleza de la Tierra
 - Forma y dimensiones
 - Distribución de los océanos y continentes
- 1.2 Estructura interna de la Tierra
 - Ondas Sísmicas
 - Capas de la Tierra
- A) REPORTAJES
 - Los animales predicen los sismos
 - Rasgos extraños en el piso oceánico
- B) RESUMEN DEL CAPÍTULO
- C) PREGUNTAS / PROBLEMAS
- D) INVESTIGACIÓN COMPLEMENTARIA
- E) CUESTIONARIO DEL CAPÍTULO

CAPÍTULO 2

LA CORTEZA TERRESTRE EN MOVIMIENTO

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

- 2.1 El rompecabezas de los continentes
 - Teoría de los continentes a la deriva
 - Evidencia de Wegener sobre la deriva continental
- 2.2 Descubrimiento en el océano
 - Fosas y cordilleras meso oceánicas
 - Desplazamiento del piso oceánico
- 2.3 Tectónica de placas: Una nueva teoría
 - La teoría de la tectónica de placas
 - Fronteras de las placas
- 2.4 Fuerzas tan grandes como para mover las placas
 - Una posibilidad: Corrientes de convección
 - Plumas en el manto
 - Investigando los puntos calientes

- A) REPORTAJE
- Para lubricar la Tierra
- B) RESUMEN DEL CAPÍTULO
- C) PREGUNTAS / PROBLEMAS
- D) CUESTIONARIO DEL CAPÍTULO

CAPÍTULO 3

LA SISMICIDAD DE LA TIERRA Y LOS VOLCANES

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

3.1 Sismos

- Sismos y fallas
- Tamaño de un sismo
- Terremotos y réplicas
- Utilizando sismógrafos para encontrar el epicentro
- Alerta – Hay un terremoto por delante

ACTIVIDAD : Localizando un sismo

3.2 El magma y la lava

- Magma dentro de la Tierra
- Lava sobre la superficie de la Tierra
- Lava en las fronteras de las placas
- La actividad volcánica
- El cono volcánico

ACTIVIDAD : Sismos y volcanes

- A) REPORTAJE
- Las erupciones y sus productos
- B) RESUMEN DEL CAPÍTULO
- C) PREGUNTAS / PROBLEMAS
- D) CUESTIONARIO DEL CAPÍTULO

CAPÍTULO 4

TSUNAMIS O MAREMOTOS

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

4.1 ¿Qué es un tsunami?

4.2 Generación de un tsunami

- Tsunami generado por un volcán
- Tsunami generado por un derrumbe
- Tsunami generado por un terremoto

4.3 Mecanismos de generación de un tsunami

4.4 Propagación de un tsunami

- Refracción de ondas
- Difracción de ondas en el agua
- Tsunamis generados a gran distancia
- Tsunamis locales

4.5 Efectos costeros

- Altura de las ondas
- Ascenso de un tsunami (runup) sobre la costa
- Impacto de un tsunami

4.6 Protección contra los tsunamis

4.7 El Sistema de Alarma de Tsunami

- Objetivo
- Descripción
- Procedimientos operacionales

A) REPORTAJES

- Dos tsunamis del pasado
- Cabalgando un tsunami

B) RESUMEN DEL CAPÍTULO

C) PREGUNTAS / PROBLEMAS

D) CUESTIONARIO DEL CAPÍTULO

CAPÍTULO 5

SISMICIDAD DEL PAÍS

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

5.1 Características generales de la sismicidad en Chile

5.2 Regionalización sísmica

5.2.1 Zona norte de Chile

- Historia sísmica de la zona norte de Chile

5.2.2 Zona centro-norte

- Historia sísmica de la zona centro-norte de Chile

5.2.3 Zona de Chile central

- Historia sísmica de la zona central de Chile

5.2.4 Zona centro-sur de Chile

- Historia sísmica de la zona centro-sur de Chile

5.2.5 Zona de Chile austral

- Historia sísmica de la zona de Chile austral

A) REPORTAJE

- Reportaje al pasado

B) RESUMEN DEL CAPÍTULO

C) PREGUNTAS / PROBLEMAS

D) CUESTIONARIO DEL CAPÍTULO

CAPÍTULO 6

MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA TERREMOTOS Y TSUNAMIS

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

6.1 Qué hacer antes de un terremoto

- 6.1.1 Peligros más probables que ocurran
- 6.1.2 Acciones a tomar para minimizar el riesgo
- 6.1.3 Guía para personas responsables de otros grupos de personas

6.2 Qué hacer durante el sismo

- 6.2.1 Acciones a tomar para minimizar riesgos
- 6.2.2 Información general para disminuir el peligro en caso de terremoto
- 6.2.3 Acciones a tomar si estás en el Colegio
- 6.2.4 Si estás manejando

6.3 Qué hacer después del sismo – mantén la calma

6.4 Qué hacer en caso de tsunami

- A) REPORTAJE
- Terremoto - ¿preludio al grande?
- B) RESUMEN DEL CAPÍTULO
- C) PREGUNTAS / PROBLEMAS
- D) CUESTIONARIO DEL CAPÍTULO

GLOSARIO

SIGLAS UTILIZADAS

TERREMOTOS Y TSUNAMIS O MAREMOTOS

INTRODUCCIÓN

Existen muchos fenómenos naturales que producen efectos beneficiosos al hombre, como las lluvias para la agricultura, o las corrientes marinas frías que proporcionan abundante pesca para la alimentación, pero existen otros fenómenos cuyos efectos pueden ser muy perjudiciales como los terremotos y los tsunamis o maremotos.

El impacto de los fenómenos naturales en la población de todo el mundo se ha vuelto cada vez más importante, debido al notable crecimiento de la población mundial, que ha alcanzado hace no mucho la asombrosa cifra de 5.000 mil millones de habitantes. Gran cantidad de esta población se ha concentrado en grandes ciudades cuyas poblaciones sobrepasan en muchos casos los 5 millones de habitantes (Tokio, Japón; Lima, Perú), haciendo a la población más vulnerable a estos fenómenos.

Los sismos y terremotos son tan inevitables como el clima. Incluso Marte y la Luna los tienen. Aquí en la Tierra, los sismólogos informan que cada año ocurren un par de millones de ellos, lo suficientemente fuertes como para ser sentidos; alrededor de mil de ellos, pueden echar abajo las chimeneas y una docena de ellos, pueden convertirse en potenciales desastres.

Una de las consecuencias que mayor impacto producen, son las generadas por aquellos terremotos de gran magnitud que ocurren en el mar. Como resultado, se generan ondas sobre la superficie del agua que se desplazan a gran velocidad a través de los océanos, provocando gran cantidad de daños y víctimas no sólo en su lugar de origen, sino que también sobre costas ubicadas a muchos miles de kilómetros.

CAPÍTULO 1

LA TIERRA POR FUERA Y POR DENTRO

La fotografía muestra nuestra Tierra tal como la vieron los astronautas que estuvieron sobre la Luna. Ellos notaron lo amigable, aunque solitaria que ella parecía. Esta vista, más una serie de mediciones tomadas sobre la Tierra, han mejorado el entendimiento de nuestro planeta.

Este capítulo tiene mucha "estadística vital de la Tierra. La primera parte discute su forma y lo que hay en su superficie, señalando la distribución de masas continentales y oceánicas. El capítulo termina describiendo la estructura interna de la Tierra y la formación de diferentes tipos de ondas sísmicas que se propagan en ella.

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

1. Describir e identificar la forma y medidas de la Tierra.
2. Describir y ubicar la distribución de mares y continentes.
3. Describir los rasgos topográficos generales del fondo del mar.
4. Describir la generación y propagación de las ondas sísmicas, señalando su clasificación.
5. Listar, comparar y describir las capas del interior de la Tierra.

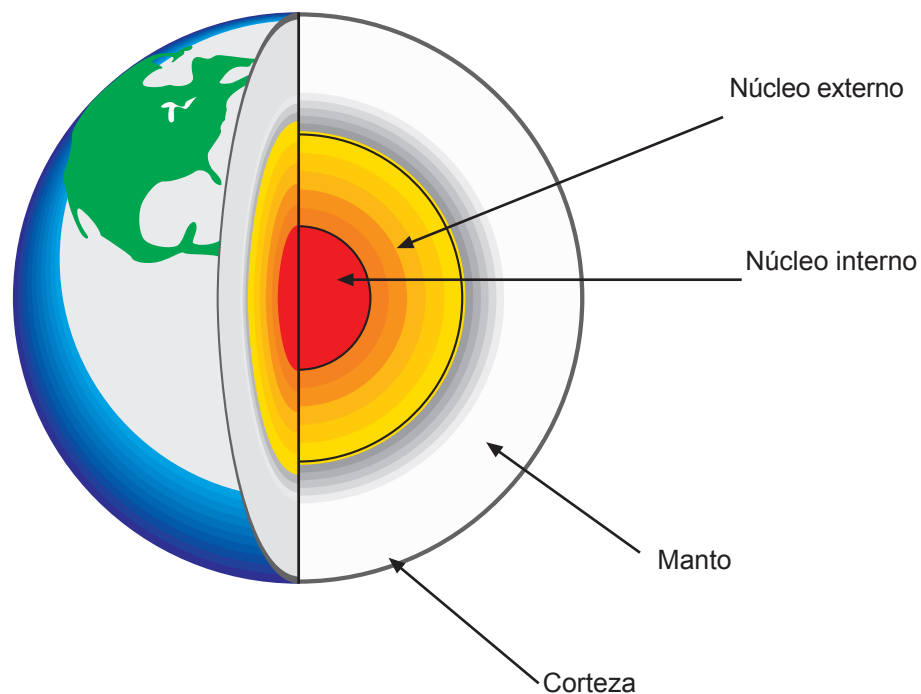
1.1 NATURALEZA DE LA TIERRA

• FORMA Y DIMENSIONES

Para comprender mejor los fenómenos naturales a los que está expuesto el hombre, es necesario conocer algunos conceptos generales sobre la forma, dimensión y estructura interna del planeta en que vivimos: la Tierra.

Como todos sabemos, la Tierra es tan sólo uno de los millones de cuerpos que existen en el Universo. Sin embargo, no es un planeta cualquiera, sino uno de los pocos, o quizás el único, que tiene las condiciones naturales que permiten la existencia de formas de vida vegetal, animal y por consiguiente del hombre. Esto se debe, principalmente, a que las temperaturas que ocurren en la Tierra permiten la existencia del agua en estado líquido, elemento esencial para la vida. Otros planetas tienen temperaturas muy elevadas o muy bajas, que no permiten la presencia del agua en estado líquido y, por tanto, no favorecen el desarrollo de ninguna forma de vida.

La Tierra tiene una forma cercana a una esfera achatada en los polos, con un radio en el ecuador de 6.378 kilómetros, mientras que el radio terrestre en los polos es de 6.356 kilómetros. Su circunferencia es de alrededor de 40.000 kilómetros.



Corte esquemático de las capas de la tierra.

El aplastamiento de la forma de la Tierra resulta de las fuerzas centrífugas provocadas por su rotación. Las fuerzas resultantes de la rotación tienen otros efectos, incluyendo el patrón global de vientos en la atmósfera, la dirección de las corrientes en los océanos, y el flujo de material viscoso caliente en su interior.

- **DISTRIBUCIÓN DE LOS OCÉANOS Y CONTINENTES**

Uno de los aspectos más relevantes de su superficie es la gran extensión de los océanos. Más del 70 % de la superficie de nuestro planeta está recubierta por el agua de los océanos y en el Hemisferio Sur ellos ocupan casi el 85 % de la superficie de esa mitad del planeta, tal como se muestra en la figura.



Distribución de océanos y continentes

El Océano Pacífico es el más extenso de la Tierra, ocupa más de un tercio de la superficie total del planeta, cuyas grandes corrientes marinas regulan gran parte del clima mundial. Es también el océano más profundo, con una profundidad media que sobrepasa en 200 metros el promedio mundial, que es de alrededor de 3.700 metros. En este océano, por su dimensión y debido a la estructura geológica de su fondo marino, es donde se originan la gran mayoría de los terremotos y tsunamis o maremotos que ocurren en el mundo.

¿SABES CÓMO SE MIDEN LAS PROFUNDIDADES MARINAS?

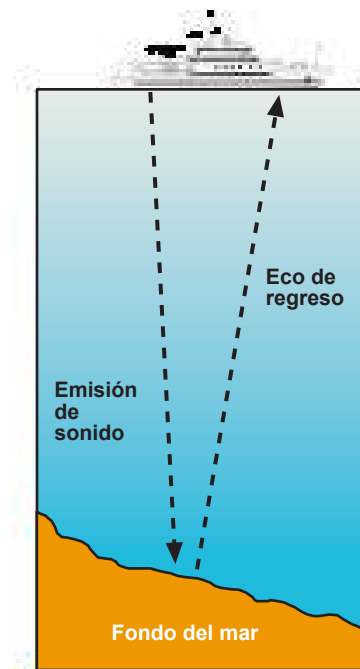
En el pasado, los marinos medían las profundidades mediante cuerdas en cuyo extremo hay un peso, que bajaban hasta que el peso tocaba el fondo. El largo de la cuerda mojada mostraba la profundidad del agua. En aguas profundas este método es inexacto debido al movimiento del agua.

En la actualidad, los científicos determinan la profundidad del agua usando un ecosonda. Este aparato mide la profundidad haciendo rebotar ondas de sonido sobre el piso oceánico. El ecosonda mide el tiempo que se demora la onda en alcanzar el fondo y retornar al buque. Como la velocidad del sonido en el agua es conocida, el encargado del sondeo puede calcular la profundidad del mar en ese punto.

¿HAS ESCUCHADO QUE...?

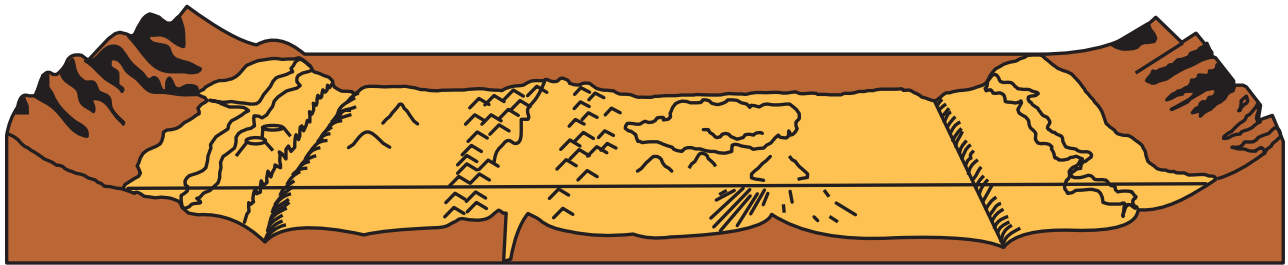
El Océano Pacífico es tan grande que si todos los continentes fueran puestos juntos, cabrían en él. Cubre una superficie de 165.200.000 kilómetros cuadrados.

El Océano Pacífico está rodeado principalmente por cadenas montañosas lineales, por profundas fosas marinas y por sistemas de arcos de islas, que en la mayor parte de las áreas aíslan efectivamente las profundas cuencas oceánicas de la influencia de la sedimentación continental.



Esquema de funcionamiento de un ecosonda

Si removiéramos toda el agua de los océanos, se revelaría un patrón de rasgos topográficos dominado por la presencia de un sistema de cadenas montañosas y cordilleras que rodea todo el globo, más la presencia de profundas cuencas ubicadas entre las cordilleras oceánicas y los continentes. El patrón topográfico muestra que las partes más profundas de los océanos no se presentan en el medio de ellos, como uno podría esperar, sino que ocurren cerca de tierra firme.



Topografía de los fondos oceánicos

¿HAS ESCUCHADO QUE ...?

La mayor profundidad de todos los océanos es la Profundidad de Challenger. Está en la Fosa de las Marianas en el Océano Pacífico Occidental. Tiene más de 11.000 metros de profundidad.

El centro de los océanos es menos profundo debido a la presencia de las cordilleras oceánicas. Esto es similar al patrón topográfico de las mayores cadenas montañosas continentales, las cuales, con excepción de los Himalayas y algunas otras pocas cordilleras, no están localizadas hacia el centro de las masas continentales, sino que cerca de los bordes que enfrentan profundas fosas oceánicas. De esta forma, tanto las áreas continentales como las oceánicas muestran los mayores desniveles verticales en estrechas zonas de la corteza terrestre.

1.2 ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

Todos sabemos cómo es la Tierra externamente, ya que lo vemos con frecuencia en mapas, fotografías y en los paisajes que nos rodean; pero, ¿cómo es la Tierra por dentro?

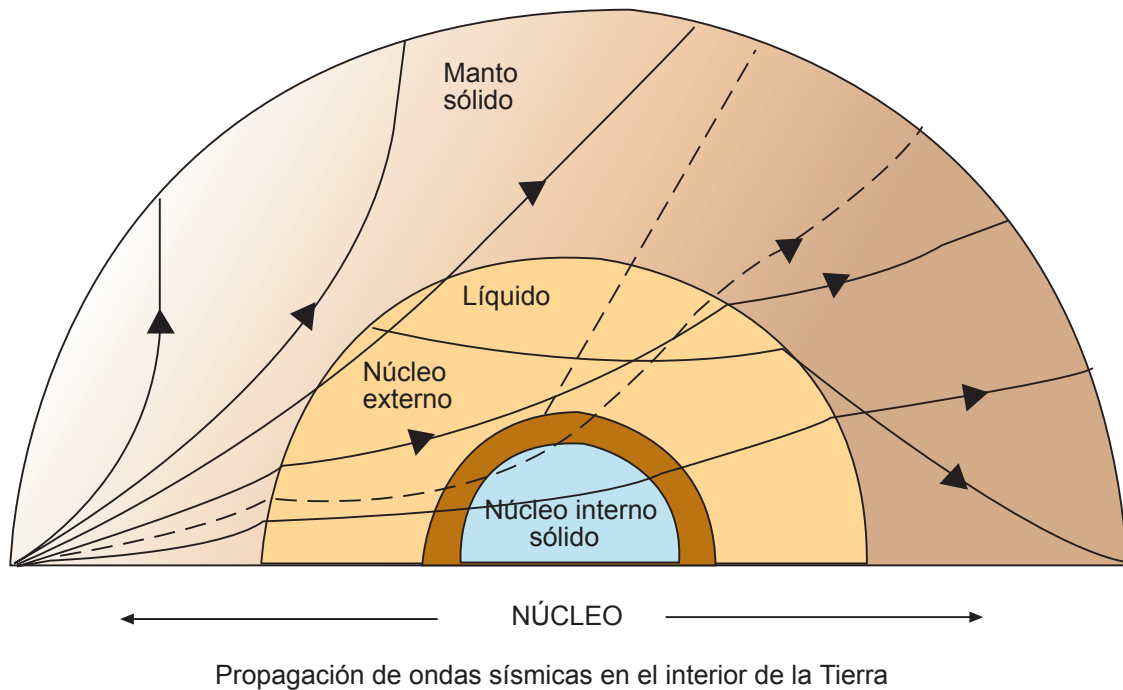
Nadie ha podido viajar hasta el centro de nuestro planeta para descubrir su estructura interna, es decir, el material del que está formada. Sin embargo, hoy en día se conoce su estructura interna gracias a mediciones efectuadas con instrumentos que registran las ondas producidas por movimientos sísmicos.

Cada año, diez o más terremotos importantes sacuden a nuestro planeta. El más pequeño de éstos libera una energía casi mil veces superior a la de una bomba atómica. Las ondas producidas por estas convulsiones viajan a través del interior de la Tierra, y su curso se arquea y modifica por las diferentes capas de la estructura interna de la Tierra. De esta forma, las ondas sísmicas ponen de manifiesto la naturaleza de las zonas que atraviesan y, al estudiarlas, después de ser registradas en los sismógrafos, podemos deducir la imagen del interior. En efecto, los sismólogos radiografían la Tierra, aunque a veces la ven como a través de un vidrio ahumado.

Hasta la aparición de la Sismología, nuestro conocimiento sobre el interior de la Tierra se basaba en hipótesis y especulaciones; gracias a esta ciencia, hoy en día se conoce la estructura del planeta con rigor científico. Combinada con la información geológica que suministran las rocas superficiales, los experimentos de laboratorio con rocas a alta presión y ciertas observaciones astronómicas, nos proporcionan una idea de las condiciones que reinan al interior de ella, su estructura en capas, los materiales que la conforman, su estado físico, la presión, etc.

• ONDAS SÍSMICAS

Cuando se arroja una piedra a un pozo de agua, se observan ondas que divergen del punto donde cayó la piedra, pero éstas también se transmiten en profundidad divergiendo desde el mismo punto. Un fenómeno comparable a éste es el que ocurre en la Tierra al producirse un sismo, es decir, desde el foco o lugar de ruptura del equilibrio elástico se transmiten ondas en todas direcciones en el interior y superficie de la Tierra, tal como se ve en la figura.



¿SABÍAS QUE..?

... el récord de perforación en profundidad en la exploración de la corteza terrestre lo ostenta la ex Unión Soviética, con un pozo de 12 kilómetros de profundidad, practicado en MURSMANK.

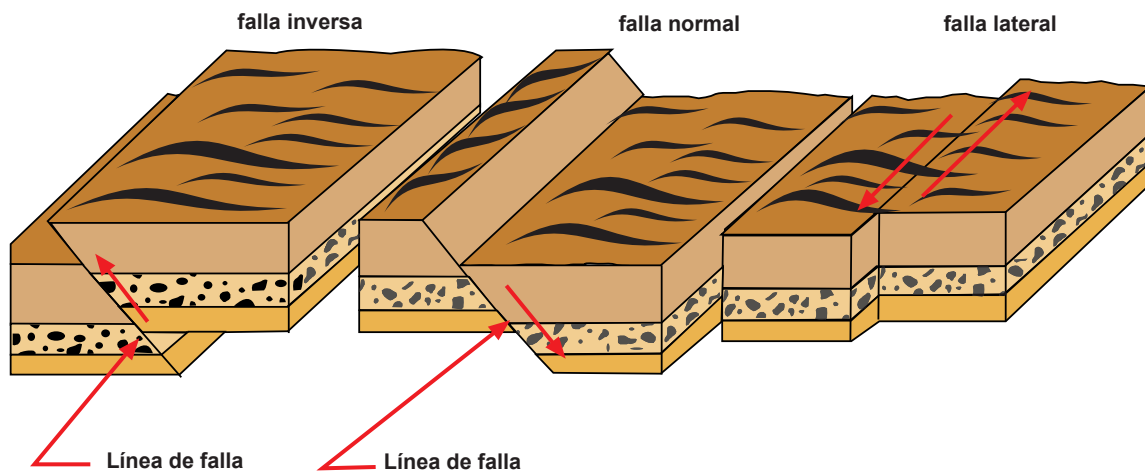
¿SABÍAS ADEMÁS QUE..?

...a catorce kilómetros de la superficie, la roca está sometida a 4.000 atmósferas de presión y trescientos grados Celsius de temperatura.

Para la mayoría de los sismos superficiales (0 a 70 km de profundidad), el mecanismo de generación de ondas elásticas es una fractura o ruptura del material en la región. En otras palabras, los esfuerzos superan el límite de ruptura del material en esa región, por lo tanto, se fractura, produciéndose lo que se denomina comúnmente como "falla" y esta "falla" es la que genera las ondas sísmicas.

Una "falla" se puede definir como el movimiento relativo entre bloques de la corteza, y esquemáticamente se pueden observar varios tipos en la siguiente figura.

FALLA INVERSA, NORMAL Y LATERAL



Una vez que se ha sobrepasado el punto de ruptura del material en una región (es decir, se ha producido una falla), se generan fundamentalmente tres tipos de ondas sísmicas:

- 1) **Onda P**, que corresponde a la onda primaria o longitudinal. Se caracteriza porque el movimiento de las partículas en el medio tiene la misma dirección que la propagación de la onda. La onda P, como las ondas sonoras, son capaces de transmitirse en rocas y, además, por medios líquidos. Debido a su naturaleza, parecida a la de las ondas sonoras, es posible escuchar parte de ellas cuando la frecuencia que poseen está contenida en el rango audible (superior a aproximadamente 15 ciclos por segundo).
- 2) **Onda S**, u onda secundaria. Deriva su nombre de su menor velocidad de propagación en referencia a la onda P. El tipo de movimiento de las partículas es exactamente, perpendicular a la dirección de propagación de la onda.

(comúnmente también se denomina onda de cizalle). Debido a su naturaleza de propagación, estas ondas no son capaces de transmitirse en medios fluidos, tales como medios líquidos o gaseosos, de tal modo que se encontrarán sólo en medios sólidos.

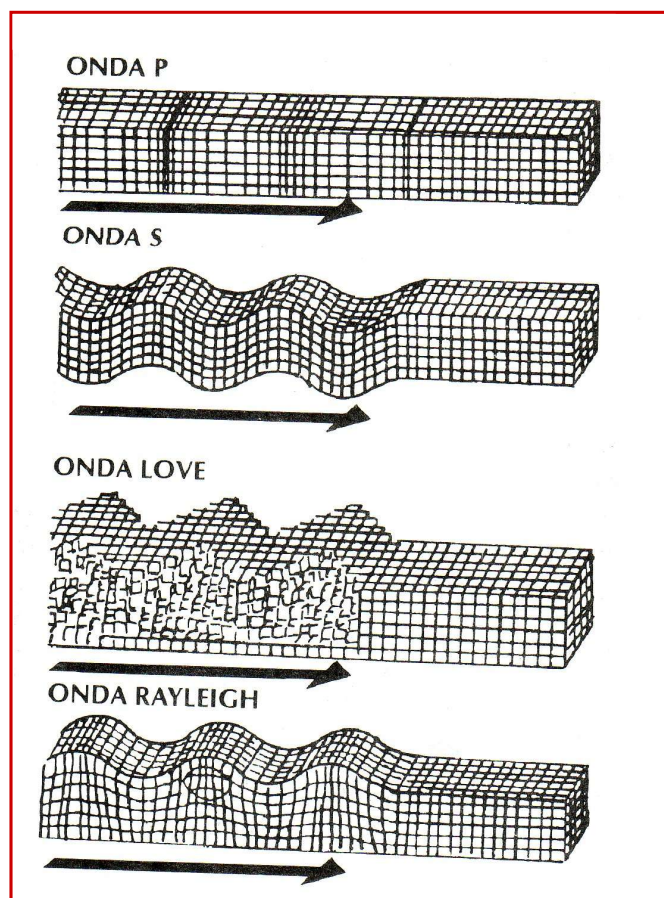
La velocidad de las ondas P y S depende de las propiedades de la roca y suelo por la que ellas atraviesan. Velocidades típicas para la onda P en una roca llamada granito y en el agua son 5,5 km/seg y 1,5 km/seg, respectivamente; mientras que la velocidad de la onda S en los mismos medios sería del orden de 3,0 km/seg y 0 km/seg, este último valor debido a que los medios líquidos no tienen rigidez.

3) Un tercer tipo de onda es denominada onda superficial, porque su propagación y movimiento está restringido a las cercanías de, la superficie de, la Tierra. Tal como las olas que atraviesan un lago, la mayor parte del movimiento de la onda está situado en la superficie.

Las ondas superficiales pueden ser divididas en ondas Love y ondas Rayleigh. El movimiento de la onda Love es esencialmente el mismo que, la onda S, que no tiene componente vertical, ella mueve el suelo de un lado a otro en un plano horizontal paralelo a la superficie de la Tierra. El movimiento en una onda Rayleigh está confinado en el plano vertical que contiene la dirección de la propagación de las ondas.

La velocidad de las ondas superficiales es menor que la velocidad de las ondas P y S y las ondas Love, generalmente, poseen mayor rapidez que las ondas Rayleigh.

Las figuras que se presentan en esta página grafican la propagación de estos cuatro tipos distintos de ondas sísmicas.



Movimiento y propagación de ondas sísmicas.

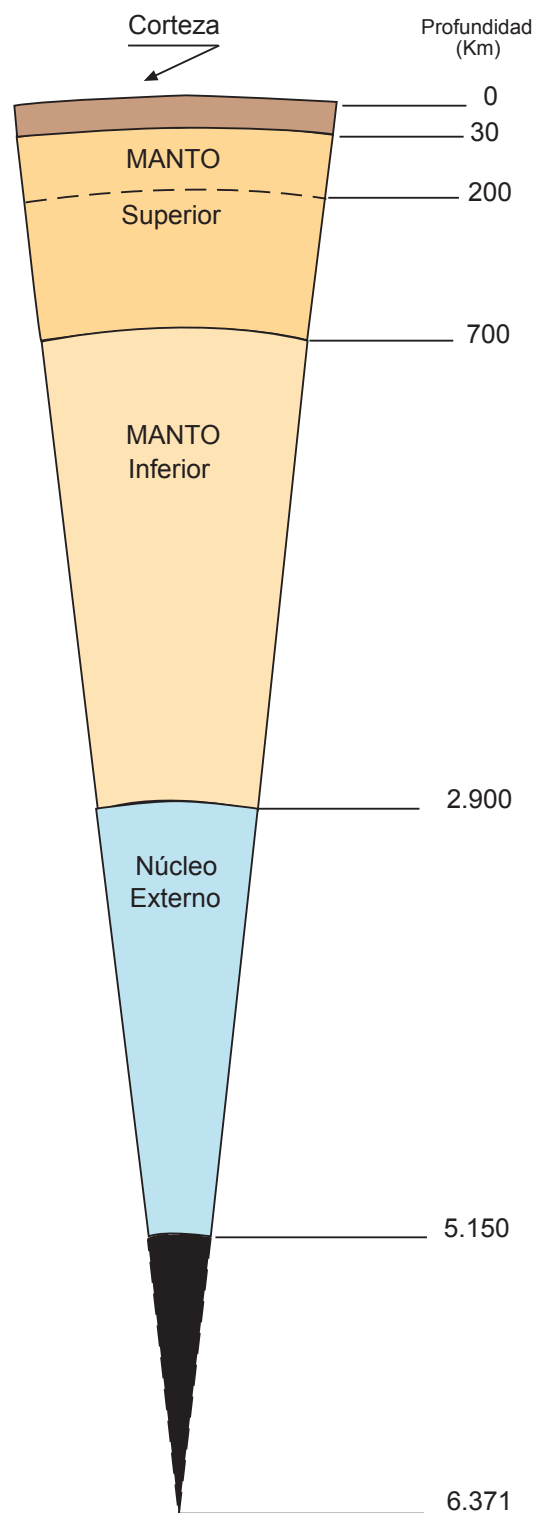
• CAPAS DE LA TIERRA

Con esta clase de pruebas, Oldham demostró, en 1906, que la Tierra tenía un núcleo central, y en 1914, Beno Gutenberg localizó el límite del núcleo a 2.896 Km bajo la superficie terrestre. Teniendo en cuenta que el radio terrestre es de unos 6.370 Km, el radio del núcleo es aproximadamente de 3.474 Km.

Gracias a éste y otros estudios, se ha podido comprobar que la Tierra está dividida en cuatro capas diferentes, tal como se muestra en la figura.

a) La Corteza. Esta capa es aquella expuesta a la intemperie, en la que nosotros vivimos, formada por material de roca sólida. Su espesor varía entre 5 y 60 Km. Como promedio normal para toda la Tierra, se estima que la corteza posee un espesor de 33 Km. Aunque este espesor parezca grande, es tan sólo el equivalente al grosor comparable de la cáscara de un huevo. La distribución de las velocidades de ondas sísmicas en ella, es de 6,0 a 6,5 Km/seg para la onda P y de 3,5 a 3,7 Km/seg para la onda S.

b) El Manto. Esta capa se extiende desde la base de la corteza hasta los 2.900 Km de profundidad; la separación entre la corteza y el manto se conoce con el nombre de discontinuidad de Mohorovicic (abreviadamente conocida como Moho). Se divide el manto en dos regiones: el manto superior, desde la base de la corteza hasta los 700 Km de profundidad, y el manto inferior desde esta profundidad hasta la superficie del núcleo. Los primeros 200 Km del manto



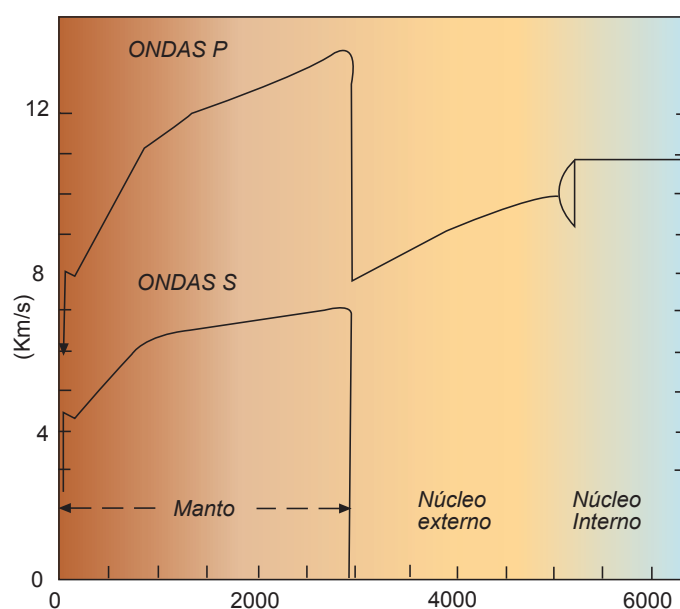
Estructura interna de la Tierra

superior constituyen una región de aumento gradual de velocidad, seguida posiblemente de una disminución de la velocidad de la onda S. La parte inferior del manto superior, entre 300 y 700 Km de profundidad está caracterizada por un aumento rápido de la velocidad de las ondas sísmicas. En el manto inferior, la velocidad de las ondas P y S aumenta más lentamente con la profundidad.

c) El Núcleo Externo, ubicado entre los 2.880 y los 5.000 km de profundidad, se comporta con características de líquido, es decir, por él no se propagan las ondas transversales (S).

d) El Núcleo Interno, de un radio de 1.200 Km, está considerado como sólido y en él la velocidad de las ondas sísmicas aumenta, pudiendo propagarse a través de él tanto las ondas P como las ondas S.

La figura siguiente muestra la distribución de las velocidades de las ondas



Velocidad de ondas sísmicas a diferentes profundidades.

¿SABÍA UD. QUE ... ?

... la presión en el límite del núcleo externo y el núcleo interno alcanza a 3,3 millones de atmósferas y equivale a la que ejercería una montaña de 3.300 automóviles de tamaño medio, colocada sobre la superficie de, una uña pulgar

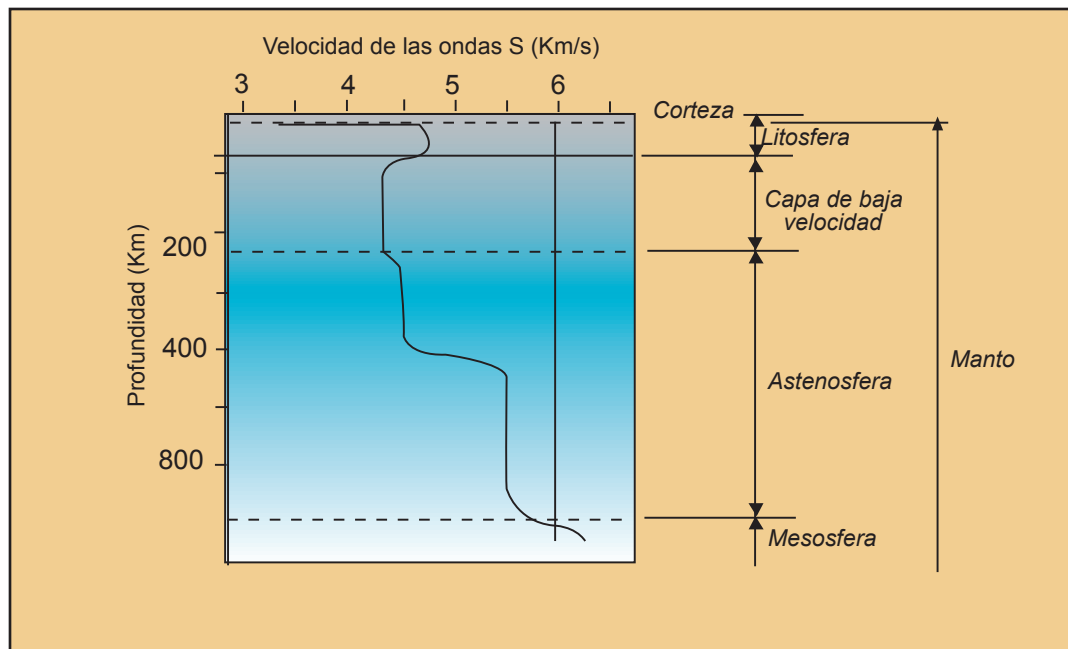
Ya se dijo que la corteza, el manto y el núcleo se diferencian por sus diferentes velocidades sísmicas. Otro conjunto de términos que definen las capas concéntricas de la Tierra está basado en la solidez y viscosidad de las diferentes zonas. Ellas son la litosfera, la astenosfera y la mesosfera.

La litosfera es la cáscara más externa de la Tierra (de alrededor de 100 kilómetros de espesor) e incluye la corteza y el manto superior. Se distingue por su capacidad de soportar grandes cargas superficiales, como los volcanes, sin ceder. Es fría y por lo tanto rígida. Bajo ella se encuentra (hasta una profundidad de 700 kilómetros) la astenosfera (asthenos en griego significa suave).

La astenosfera, se encuentra cercana a su temperatura de fusión y debido a que tiene poca solidez, fluye, cuando se le aplica una fuerza durante un cierto tiempo.

La siguiente capa es la mesosfera, que es más rígida que la astenosfera, pero más viscosa que la litosfera. La mesosfera se extiende, hasta el núcleo, y de esta forma constituye la mayor parte del manto.

Estas capas concéntricas y su relación con las definidas previamente, se muestran en la siguiente figura.



Estructura interna de la tierra de acuerdo a velocidad de las ondas S.

El manto es en su mayor parte sólido. Las ondas sísmicas son transmitidas a velocidades que aumentan con la profundidad a medida que la densidad aumenta desde 3,3 a 5,5 gr/cm cúbico. Este aumento de la densidad se produce progresivamente en pasos discretos. El manto es complejo y exhibe variaciones en su estructura tanto horizontal como verticalmente. .

La variación vertical más importante dentro del manto superior es la disminución de la velocidad de las ondas S de 4,7 a 4,3 km/seg, entre los 75 y los 150 kilómetros de profundidad. Esta capa de baja velocidad probablemente representa una zona de fusión parcial en el manto superior, constituyéndose en el origen de la mezcla fundida llamada magma, que asciende a la superficie y forma las rocas ígneas y las rocas volcánicas

A) REPORTAJES

• LOS ANIMALES PREDICEN LOS SISMOS

(Extractado de "Earth Science")

Una agencia gubernamental en China ha informado que se han observado comportamientos extraños en animales algunas horas antes de un terremoto. El ganado vacuno, las ovejas, mulas y caballos no entraban a los corrales. Las ratas huían de sus hogares. Culebras hibernando abandonaban sus madrigueras. Las palomas volaban continuamente y no retornaban a sus nidos. Los conejos alzaban sus orejas, saltando en todas direcciones y chocando con las cosas. Los peces saltaban por sobre la superficie del agua.

China no fue el único país en informar tan desacostumbrado comportamiento animal. El 6 de mayo de 1976, un terremoto sacudió un pueblo en Italia. Antes del sismo, los pájaros caseros agitaban sus alas y chillaban. Los ratones y ratas corrían en círculos. Los perros ladraban y aullaban. Quizás los animales sintieron el sismo que se encaminaba.

Por muchos años, los granjeros a través de todo el mundo han contado historias acerca de cambios en el comportamiento de los animales, justo antes de, un terremoto. Los científicos chinos estaban entre los primeros en creer que estas historias pudieran tener una base científica. Se les ha propuesto que los animales del zoológico podrían alertar a la gente sobre un inminente terremoto.

Los científicos de muchos países están interesados en encontrar las causas del comportamiento extraño. Han sugerido que las causas probables pueden ser una o más de las siguientes:

1. pequeños cambios en el campo magnético terrestre;
2. cantidades crecientes de electricidad en el aire;
3. cambios muy pequeños de la presión del aire;
4. cambios en el nivel de ruido;
5. gas que escapa desde el terreno.

Cuando los científicos encuentren las causas del extraño comportamiento animal, podrán ser capaces de predecir los terremotos con horas de antelación.

RASGOS EXTRAÑOS EN EL PISO OCEÁNICO

(Extractado de "Oceanus")

Desde 1977, sumergibles de investigación, que pueden alcanzar grandes profundidades, han hecho descubrimientos sorprendentes en algunos lugares del piso oceánico. Encontraron gigantescas grietas en la corteza de la Tierra, enormes montañas, volcanes activos y formaciones de lava poco comunes. Pero, los descubrimientos más extraños fueron las fuentes termales ubicadas cerca de las montañas submarinas del Océano Pacífico Oriental.

Estas fuentes termales, también llamadas "humeadores negros" y "humeadores blanco", arrojan borbotones de agua caliente desde orificios en el piso oceánico. El agua que sale de un humeador negro, está a lo menos a 350°C. Es lo suficientemente caliente como para derretir las barras plásticas que soportan los termómetros oceanográficos. El agua en los humeadores blancos no es tan caliente.

Las fuentes termales están alrededor de 2.500 metros bajo la superficie del océano. Debido a la gran presión existente a esas profundidades, el agua de las fuentes termales no hierve.

Los geólogos creen que las fuentes termales se desarrollaron cuando el agua fría del océano, que se filtra dentro de la corteza, es calentada por el material magmático que asciende desde el manto. El agua calentada disuelve los minerales en el magma. Las fuentes termales irrumpen en el océano y son enfriadas por las aguas del mar. A medida que el agua se enfría, los minerales en ella se depositan alrededor de los agujeros en estructuras similares a chimeneas. Estas estructuras son montones de valiosos depósitos minerales que a veces tienen 10 metros de alto.

Muchos organismos extraños, tales como gigantescos gusanos, prosperan en las fuentes termales. Estos animales únicos se alimentan de bacterias que no dependen de la energía proveniente del Sol. Los científicos continuarán estudiando las desacostumbradas formaciones y organismos encontrados cerca de las fuentes termales submarinas.

B) RESUMEN DEL CAPÍTULO

- La Tierra tiene una forma casi esférica. Su perímetro en el ecuador es de alrededor de 40.000 kilómetros.
- La mayor parte de los sismos son el resultado de movimiento de las rocas a lo largo de una falla.
- Las ondas sísmicas son de tres tipos diferentes, las ondas primarias o longitudinales, las ondas secundarias o transversales y las ondas superficiales.
- Las capas de la Tierra de afuera hacia adentro son: la corteza, el manto, el núcleo externo y el núcleo interno.

C) PREGUNTAS / PROBLEMAS

1. Describe las capas de la Tierra.
2. Explica cómo se generan las ondas sísmicas.
3. Explica las diferencias entre las ondas sísmicas longitudinales y las transversales.
4. Describe la distribución de las velocidades de las ondas sísmicas, en las distintas capas de la Tierra.
5. ¿Por qué los científicos piensan que el núcleo externo de la Tierra es líquido?
6. Explica qué significa un sismo de foco profundo.
7. ¿Cuáles son algunas posibles causas del extraño comportamiento de los animales antes de un sismo?
8. ¿Por qué los científicos están interesados en determinar las causas de este comportamiento?
9. ¿Dónde se encuentran las fuentes termales?
10. ¿Qué es un humeador negro?

D) INVESTIGACIÓN COMPLEMENTARIA

1. Calcule cuál sería la temperatura en el centro de la Tierra, si el gradiente geotérmico de 2°C cada 100 metros existente en la corteza continuara hasta el centro de la Tierra. El radio de la Tierra es 6.370 kilómetros. Sea 15°C la temperatura inicial de la corteza. Compare su resultado con la temperatura sugerida del núcleo de la Tierra de 5.500°C .
2. Utilizando una enciclopedia u otros recursos de la biblioteca, describa y dibuje dos tipos de sismógrafos.
3. Encuentre cinco hechos significativos o poco usuales acerca de terremotos famosos.
4. Averigüe si existe en su ciudad alguna institución técnica o universitaria, relacionada con geografía o ciencias de la Tierra, que tenga instrumental sismológico y visítela con el objeto de conocer este tipo de equipos en funcionamiento.
5. Diseñe una ficha descriptiva de la Tierra, con los datos principales: medidas, forma, características, etc.

CUESTIONARIO DEL CAPÍTULO

A. Vocabulario: En los paréntesis del margen izquierdo, coloca la letra de la Columna II que corresponda al término definido en la Columna I.

Columna I

Columna II

- | | |
|--|-------------------|
| 1. () forma en que la energía viaja a través de la Tierra. | a. epicentro |
| 2. () instrumento que detecta ondas sísmicas. | b. manto |
| 3. () capa de la Tierra que varía en espesor entre 5 y 35 kilómetros. | c. ondas sísmicas |
| 4. () capa de la Tierra entre la corteza y el núcleo externo. | d. sismógrafo |
| 5. () el punto de la superficie de la Tierra que está sobre el foco de un sismo. | e. magnitud |
| 6. () mezcla fundida que asciende desde el manto a la superficie y forma las rocas ígneas y volcánicas. | f. corteza |
| 7. () medida de la energía desprendida en el foco de un sismo. | g. falla |
| 8. () capa más extensa de la Tierra que incluye corteza y manto superior. | h. astenósfera |
| 9. () capa de la Tierra ubicada entre 100 y 700 kilómetros de profundidad que tiene poca solidez. | i. magma |
| 10. () movimiento relativo entre bloques de la corteza | j. litósfera |
| | k. mesósfera |

B. Selección Múltiple. Escoja y marque la letra que completa mejor la frase o que responde a la pregunta.

1. La corteza terrestre es:
 - a) del mismo espesor en todas partes
 - b) más gruesa bajo los continentes
 - c) líquida
 - d) muy fría en sus partes más profundas
2. El núcleo de la Tierra:
 - a) es de naturaleza uniforme
 - b) queda inmediatamente bajo el manto
 - c) está hecho principalmente de hierro
 - d) es frío
3. El manto:
 - a) es el mismo en todas partes
 - b) contiene a la astenosfera
 - c) es roca sólida
 - d) es una capa delgada
4. La mayor parte de los sismos ocurren cerca de:
 - a) grandes ciudades
 - b) el borde de las placas tectónicas
 - c) los ríos
 - d) los mares interiores
5. Una onda sísmica que viaja sólo en la superficie de la Tierra es:
 - a) una onda P
 - b) una onda S
 - c) una onda B
 - d) una onda L
6. Los científicos usan la diferencia en el tiempo de llegada de las ondas P y S para encontrar la ubicación de:
 - a) una falla
 - b) unfoco
 - c) un epicentro
 - d) vibraciones del terreno

7. La superficie que ocupa el Océano Pacífico corresponde a:
- a) el 70% del total de la superficie de la Tierra
 - b) el 80% de la superficie del Hemisferio Sur
 - c) un tercio de la superficie total de la Tierra
 - d) una quinta parte del total de los océanos
8. El achatamiento de la esfera terrestre se debe
- a) a la dirección de las grandes corrientes marinas
 - b) al flujo de material viscoso y caliente en su interior
 - c) a la fuerza centrífuga provocada por la rotación
 - d) al patrón global de vientos en la atmósfera



CAPITULO 2

LA CORTEZA TERRESTRE EN MOVIMIENTO

Así es como se ve África Oriental, el Mar Rojo y Arabia desde un satélite que orbite la Tierra. Imagínate que pudieras sacar el Mar Rojo y rotar Arabia hacia África. Con sorpresa descubrirías que estas masas terrestres coinciden bastante bien. Cuando termines este capítulo sabrás el porqué de esto.

Este capítulo explica algunas nuevas teorías acerca de la Tierra. Tomó muchos años el cambiar las antiguas ideas sobre la naturaleza de la corteza terrestre. Comenzó con la extraña idea que los continentes podrían estar en continuo movimiento o derivando sobre la Tierra. La investigación en los océanos reveló una evidencia sorprendente. Muchas interrogantes acerca de la Tierra aún no tienen respuesta, pero las nuevas teorías proporcionan el punto de partida para la investigación futura.

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

1. Explicar el significado de la deriva continental.
2. Enumerar las evidencias sobre el desplazamiento de los fondos oceánicos.
3. Comparar tres tipos de encuentro de placas.
4. Describir dos fuerzas que podrían causar el movimiento de las placas.

2.1 EL ROMPECABEZAS DE LOS CONTINENTES

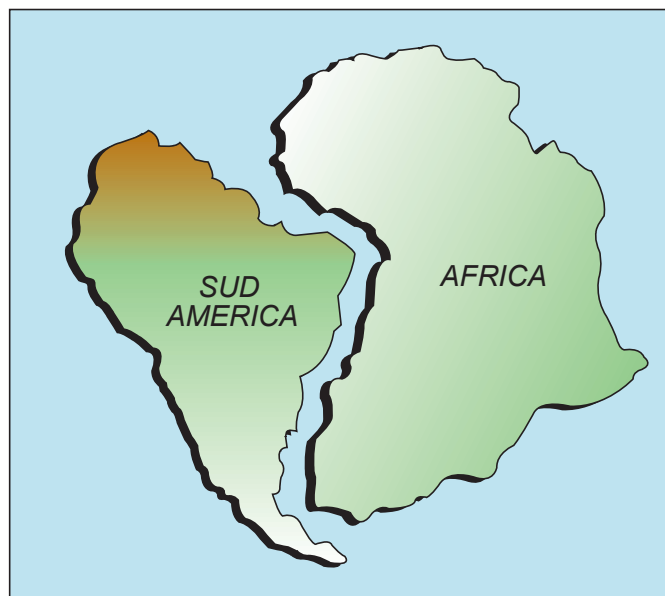
Muchos misterios acerca de nuestro planeta han despertado la curiosidad de la gente observadora. A comienzos de este siglo, los exploradores se asombraban de encontrar rocas con huellas fósiles de helechos en las heladas tierras de los extremos norte y sur M planeta. ¿Cómo pueden existir plantas que crecen en climas cálidos y húmedos en lugares donde el clima es ahora frío e inhóspito? ¿Qué cambios han ocurrido? Las respuestas a las preguntas que siguen son un intento M hombre de resolver estos misterios:

- ¿Qué es la teoría de los continentes a la deriva?
- ¿Cuál era la evidencia de la deriva continental?

• TEORÍA DE LOS CONTINENTES A LA DERIVA

Los primeros mapas que representaron Europa y América en forma más cercana a la realidad fueron dibujados en el siglo XVII. Desde esa época mucha gente se ha preguntado por qué las costas de África y Sudamérica calzan como las piezas de un rompecabezas. Mirando ambas costas, puede apreciarse la similitud que existe entre ellas. ¿Qué razón podría explicar esta coincidencia? En 1912, Alfred Wegener, un científico alemán, publicó una teoría para explicar el calce en un libro titulado "La Génesis de los Continentes y de los Océanos". Estableció que todos los continentes estuvieron en una época juntos. El mapa, que se adjunta, muestra los continentes unidos que Wegener llamó Pangea, que significa "todas las tierras" en griego.

Wegener creía que Pangea comenzó a fracturarse y a derivar separándose hace muchos millones de años. Insistió que el calce tipo rompecabezas de los continentes no era un accidente, sino el resultado del fracturamiento de Pangea. Dijo que los continentes derivan lentamente sobre el piso de los océanos hasta que alcanzan sus posiciones actuales.



Calce de los continentes

EVIDENCIA DE WEGENER SOBRE LA DERIVA CONTINENTAL

¿Cuál fue la evidencia de Wegener para la deriva continental?

En primer lugar, los exploradores han encontrado fósiles y capas de rocas en la costa Este de Sudamérica que eran similares a aquellos encontrados en la costa Oeste de África.



Hace 200 millones de años



Hace 135 millones de años



Hace 65 millones de años



Hoy día

Evolución de la distribución de los continentes

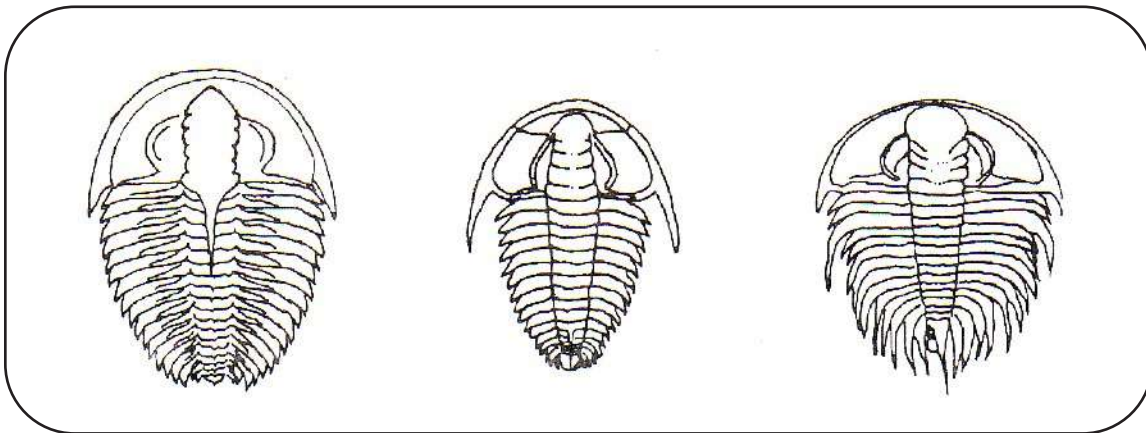
Se han encontrado fósiles del animal que se muestra en la lámina en Sudamérica y en África. Estos descubrimientos convencieron a Wegener que los continentes estuvieron alguna vez unidos. Segundo, los exploradores encontraron rocas hechas de sedimentos glaciales en el ecuador donde no pueden existir glaciales. ¿Cómo explicó Wegener este descubrimiento? El creyó que la masa de tierra derivó a una región más cálida de la Tierra.

La evidencia de Wegener era interesante, pero no probaba que los continentes se movieran. Los científicos rechazaron la teoría de deriva continental, porque Wegener no pudo explicar cómo o por qué se movían los continentes. Su imaginativa teoría no es enteramente correcta, pero preparó el escenario para otras ideas audaces.

2.2 DESCUBRIMIENTOS EN EL OCÉANO

Los asombrosos descubrimientos científicos de la década de los 60 despertó interés en la teoría de la deriva continental de Wegener. Los datos provenientes de las investigaciones sugirieron que el Océano Atlántico estaba creciendo. ¿Cómo puede crecer un océano? ¿Puede estar moviéndose la corteza de la Tierra? A medida que leas, considera estas preguntas y las que siguen:

- ¿Qué son las fosas y las cordilleras oceánicas?
- ¿Se puede mover el piso del océano?



Trilobite (fósil de hace 200 millones)

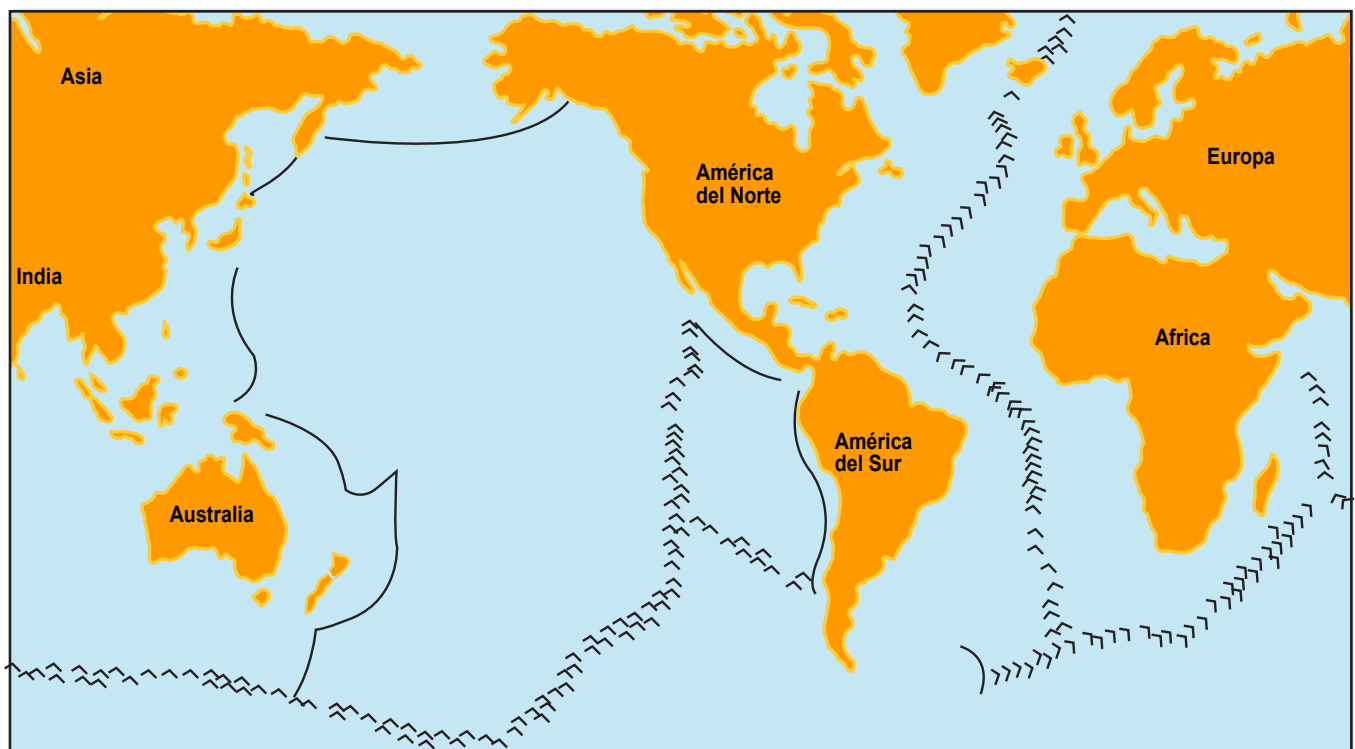
• FOSAS Y CORDILLERAS MESO-OCEÁNICAS

Los científicos sabían muy poco acerca del piso de los océanos cuando Wegener discutió por primera vez la deriva continental. A fines de la década de los 40, nuevos instrumentos permitieron a los científicos mapear los pisos oceánicos y registrar los sismos en la corteza terrestre.

Por muchos años, los marinos sabían que habían lugares profundos en los océanos. El mapeo del fondo del mar definió la profundidad y tamaño de las regiones más profundas del océano. Estas regiones profundas, llamadas fosas, son de forma larga y estrecha. Tome nota del número de fosas alrededor de los bordes del Océano Pacífico en el mapa de más abajo. Las fosas en el Pacífico son de casi diez kilómetros de profundidad en algunos lugares.

El mapeo del piso del Océano Atlántico reveló un conjunto de gigantescas montañas submarinas, denominadas Cordillera Meso-Atlántica. Una cordillera es una larga y angosta cadena de cerros o montañas. Se sabe ahora que la Cordillera Meso-Atlántica es parte de una cadena montañosa submarina que se extiende 65.000 kilómetros alrededor de la Tierra.

Las cordilleras submarinas a través de todo el mundo varían mucho en tamaño y forma. Muchas cordilleras en el Océano Pacífico son montañas con su cumbre plana. En contraste, la cordillera Meso-Atlántica está compuesta por dos cadenas paralelas de montañas. Un valle, de 2 a 50 kilómetros de ancho, se desarrolla entre las montañas. El mapa, que se encuentra a continuación, muestra las fosas y cordilleras submarinas del mundo.

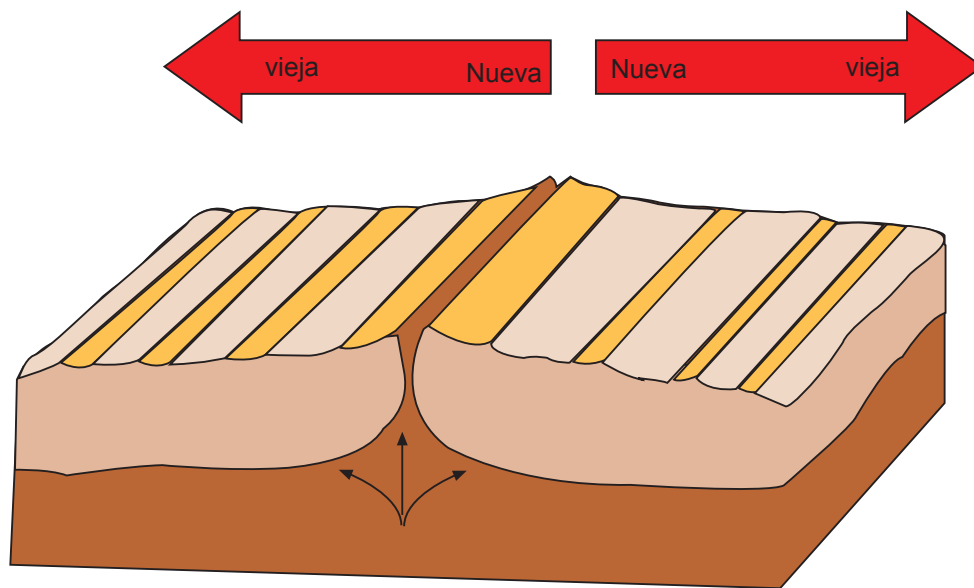


Fosas y cordilleras submarinas

DESPLAZAMIENTO DEL PISO OCEÁNICO

En 1962, los científicos se atrevieron a sugerir que en las cordilleras oceánicas se estaba formando nueva corteza. La evidencia para esta extravagante idea fue encontrada en el piso oceánico. Los científicos encontraron grietas a lo largo de, la parte central de las cordilleras meso-oceánicas donde el piso oceánico se estaba dividiendo. El magma, material fundido proveniente del manto, se eleva a lo largo de estas grietas hasta la superficie, se endurece y forma nueva corteza, la nueva corteza se amontona para formar las cordilleras. A medida que más magma asciende, empuja la corteza recientemente formada hacia ambos lados, llevando a la corteza antigua con ella. Los sedimentos oceánicos, que son partículas que se asientan en el agua, son delgados o están ausentes en las cordilleras. Son cada vez más abundantes a medida que nos alejamos del centro de las cordilleras.

La formación de nueva corteza sobre el piso oceánico es denominada desplazamiento del piso oceánico. La nueva corteza sobre el fondo del océano sugiere que la totalidad de la corteza está en movimiento y no sólo los continentes.



Formación de nueva corteza en las cordilleras meso-oceánicas.

¿HA ESCUCHADO UD. QUE?

El desplazamiento del piso oceánico es tan lento que no es perceptible. Además, como sucede en el piso oceánico, no podemos verlo, excepto con instrumentos especiales. Cada año se forman 2 a 20 centímetros de nueva corteza en los océanos de todo el mundo.

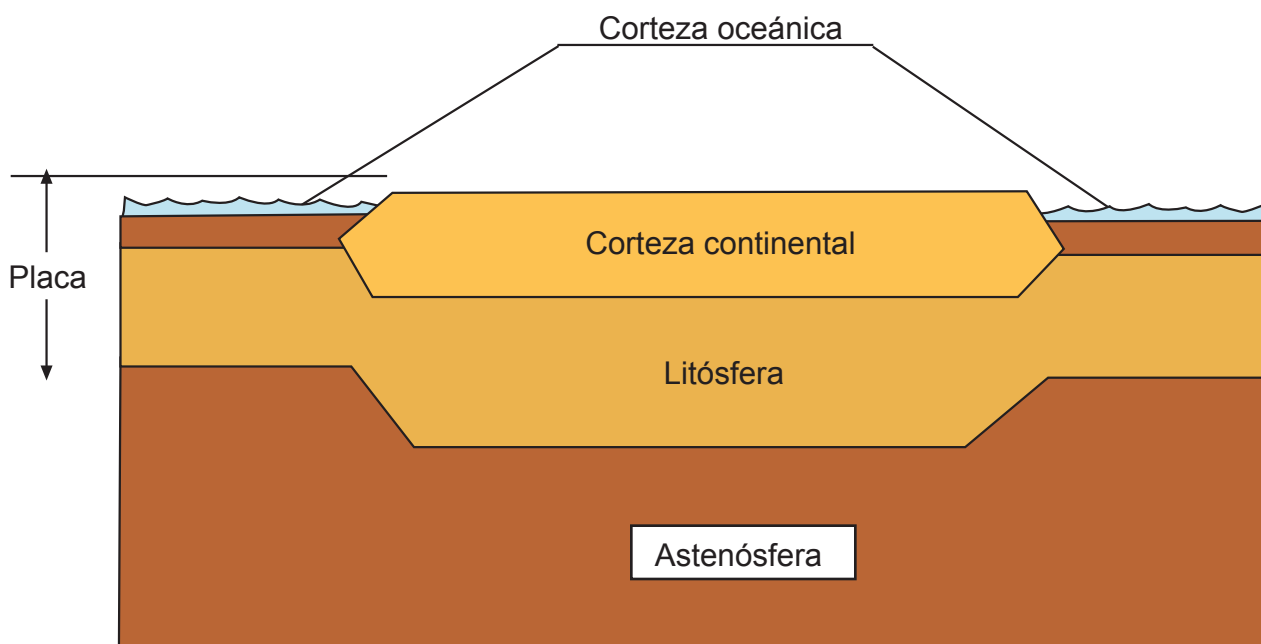
2.3 TECTÓNICA DE PLACAS: UNA NUEVA TEORÍA

Para aumentar el entendimiento de cualquier materia, se debe agregar nueva información al conocimiento que ya se tiene. Por ejemplo, para poder leer y decir la hora, usamos lo aprendido acerca de los números. De manera similar, los científicos utilizaron la información proveniente del desplazamiento del piso oceánico para desarrollar una teoría más amplia que explica por qué la Tierra aparece tal como es. A medida que lees sobre esta nueva teoría, piensa acerca de estas interrogantes:

- ¿Cómo cambia la teoría de tectónica de placas nuestro pensamiento acerca de la superficie de la Tierra?
- ¿Cuáles son los tres tipos de encuentros de placas?

• LA TEORÍA DE TECTÓNICA DE PLACAS

De acuerdo a la teoría de tectónica de placas, la superficie de la Tierra está dividida en alrededor de 20 grandes secciones denominadas placas. Estas tienen como promedio unos 70 kilómetros de espesor. El diagrama muestra que las placas son tan profundas como lo es la litosfera, que contiene la corteza y el manto superior. Las placas son rígidas y se mueven sobre la astenosfera que es la sección más suave del manto. ¿Recuerdas la división de las capas de la Tierra según su viscosidad? Revisa los diagramas correspondientes en el Capítulo 1.

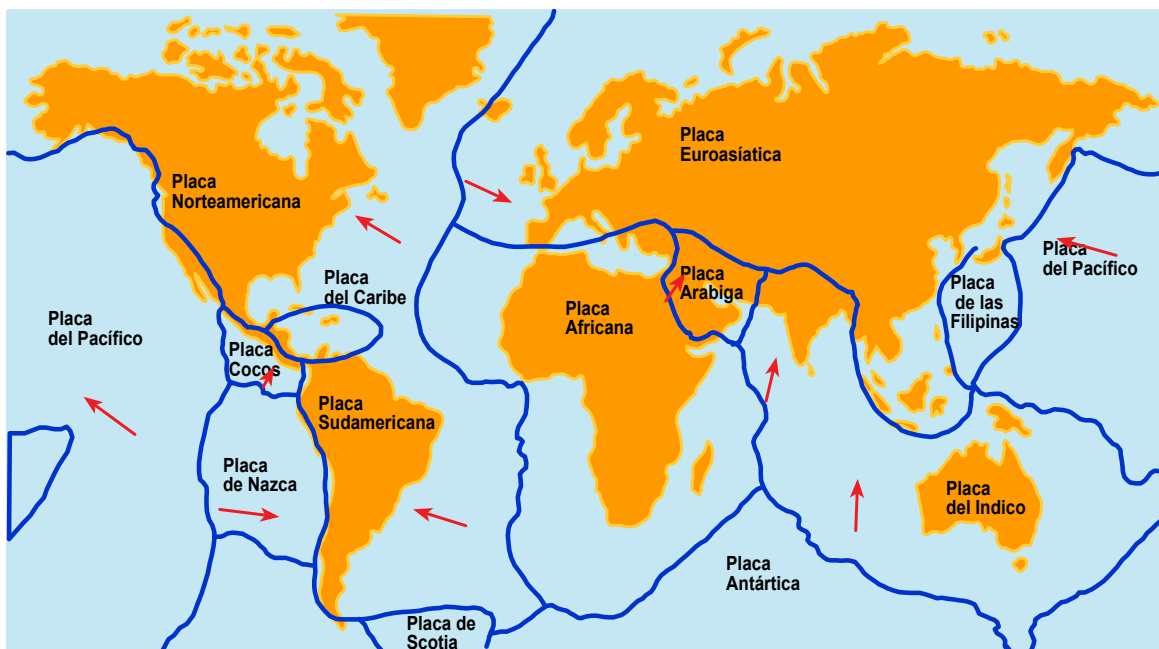


Clasificación de las capas de la Tierra

¿HAS ESCUCHADO QUE..?

Las placas se mueven a una velocidad de 2 a 20 centímetros por año. La placa del Pacífico se está moviendo alrededor de cinco y medio centímetros por año hacia el norte pasando Norteamérica. A esa velocidad, Los Angeles, que está en la placa del Pacífico, estará al lado de San Francisco en 10 millones de años más.

Sobre el mapa de las placas, que se encuentra a continuación, es posible apreciar que una placa puede contener corteza continental y corteza oceánica. Las flechas muestran las direcciones en que se están moviendo las placas ahora. Las direcciones de desplazamiento pudieron haber sido diferentes en el pasado.



Placas tectónicas de la Tierra.

FRONTERAS DE LAS PLACAS

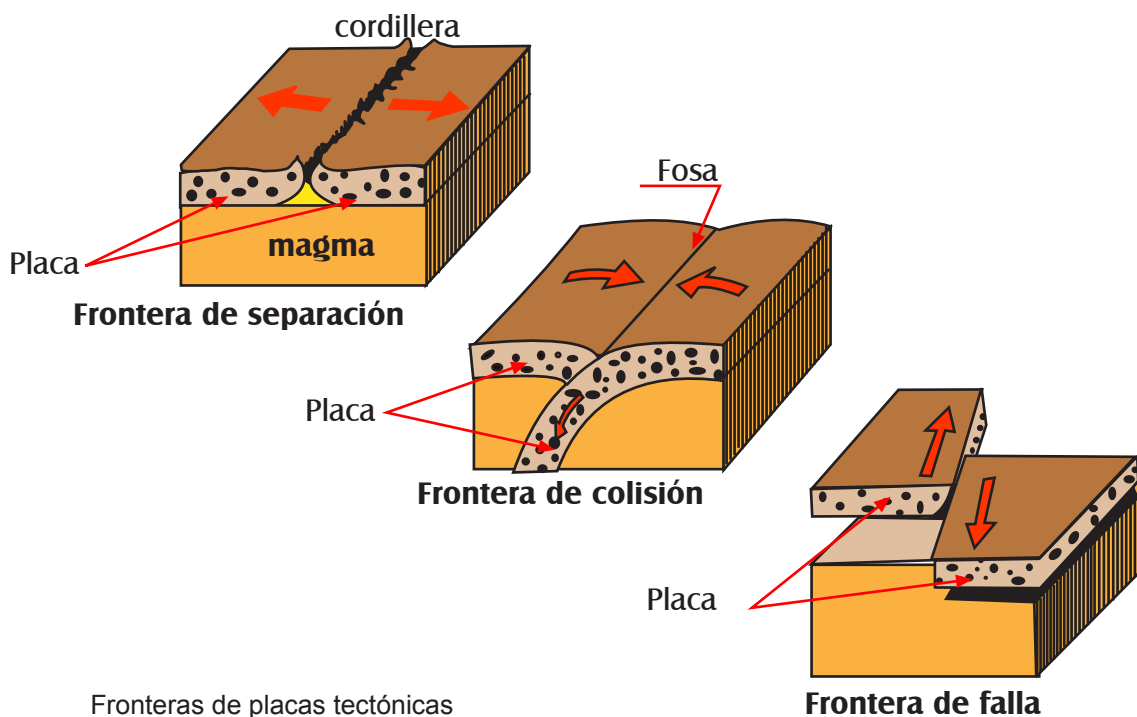
La región donde se encuentran las placas es la frontera de placas. El cómo se mueven las placas determina qué sucede en sus fronteras. Las placas se pueden separar, colisionar o deslizarse, una con respecto a otra.

Fronteras de Separación, mostrada en el dibujo superior, se encuentran donde las placas se están separando en las cordilleras meso-oceánicas. Se forma nueva corteza en este tipo de frontera. Islandia, una isla en el Atlántico norte, emergió en una frontera de separación a lo largo de la Cordillera Meso-Atlántica. Los volcanes erupcionan y la Tierra tiembla con gran regularidad a lo largo de esta cordillera meso-oceánica y en otras fronteras de separación. Cuando Pangea se rompió, se separó a lo largo de, la Cordillera Meso-Atlántica. Le tomó 200 millones de años al Atlántico para crecer a su tamaño actual.

Fronteras de Colisión, mostradas en el dibujo central, se forman cuando dos placas se tropiezan. El borde frontal de una placa se hunde en el manto bajo el borde de otra placa. En el lugar donde el manto absorbe el borde de hundimiento, el calor y la presión crea volcanes y sismos. Las presiones a lo largo de las placas en colisión pueden plegar capas de rocas para formar gigantescos sistemas montañosos, tales como los Himalayas en la India.

Las fosas que bordean el Océano Pacífico son regiones donde se está hundiendo la placa del Pacífico. El tamaño de la placa lentamente disminuye a medida que se hunde en las fosas. El Océano Pacífico se está encogiendo lentamente. La pérdida de corteza en las fosas equilibra la formación de nueva corteza en las cordilleras meso-oceánicas.

Fronteras de Falla, mostrada en el dibujo inferior, ocurren cuando dos placas rozan lateralmente. Las fallas son quebraduras en la Tierra. Los sismos sacuden el terreno cuando las rocas se mueven a lo largo de una falla. La Falla de San Andreas en California marca la frontera de dos placas que se deslizan una contra la otra. La gente que vive cerca de la falla debe esperar la ocurrencia de sismos, y saber cómo reaccionar cuando ocurren.



¿SABÍAS QUE..?

... si los cálculos no fallan, dentro de 50 millones de años ya no habrá Mar Mediterráneo, España, la Bretaña francesa y las Islas Británicas estarán unidas, el Mar Cantábrico habrá desaparecido, Australia e Indonesia formarán un único continente, los Océanos Atlántico e Índico habrán aumentado su superficie, mientras que el Océano Pacífico se habrá estrechado... En todo caso, no será fácil comprobarlo. A escala geológica, 50 millones de años es un período de tiempo muy breve. A escala humana se trata de algo difícilmente imaginable.

2.4 FUERZAS TAN GRANDES COMO PARA MOVER LAS PLACAS

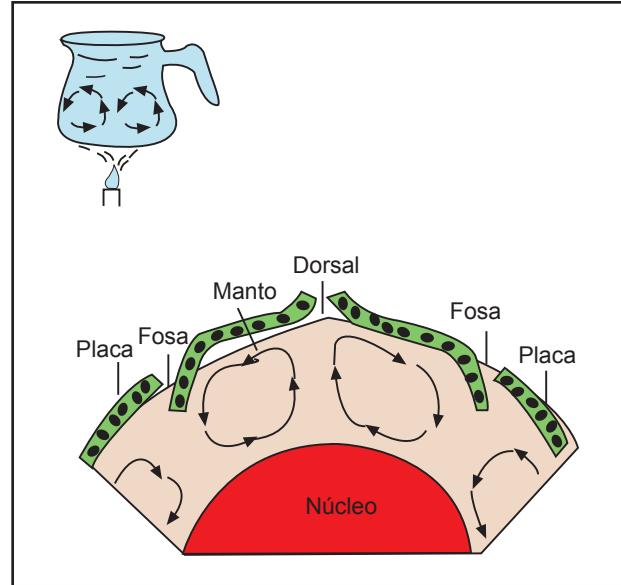
El entusiasmo entre los científicos creció a medida que se fue desarrollando la teoría de tectónica de placas a fines de la década de los 60. Sin embargo, la pregunta sobre qué causa el movimiento de las placas, aún no es conocida. Esta sección presenta ideas acerca de fuerzas lo suficientemente grandes como para mover trozos de la corteza terrestre. Piensa acerca de estas interrogantes a medida que lees:

- ¿Cómo pueden mover las placas las corrientes de convección?
- ¿Cómo podrían las plumas causar movimiento de placas?
- ¿Qué son los puntos calientes?

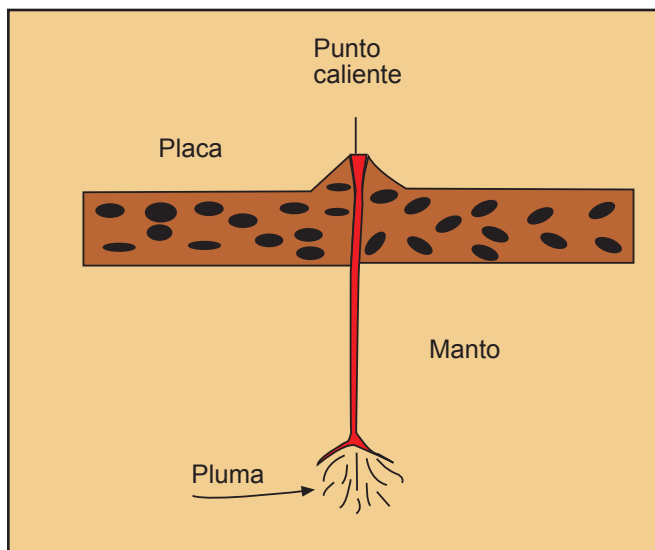
• UNA POSIBILIDAD - CORRIENTES DE CONVECCIÓN

Las corrientes de convección transfieren calor a través de líquidos y de gases. El dibujo que se adjunta de la cafetera, muestra dos corrientes de convección en el agua. Note que el agua que está más cerca de la llama se eleva. Cuando se enfría cerca de la superficie, se hunde.

Algunos científicos han sugerido que corrientes de convección que fluyen en el manto pueden causar el movimiento de las placas. Debido al gran calor en el manto, partes de él pueden fluir como un líquido muy espeso. Compare el dibujo de la cafetera con el dibujo del manto. Una placa se podría mover sobre una gigantesca corriente de convección de igual forma que un objeto se desliza sobre una correa transportadora.



Corrientes de convección



Formación de puntos calientes

PLUMAS EN EL MANTO

Una pluma, dibujada a la izquierda, es un angosto flujo como un chorro de material caliente proveniente desde una gran profundidad en el manto. Las plumas en las fronteras de separación podrían causar que las placas se movieran agregando material a sus bordes. El material agregado podría separar las placas.

Los científicos no saben si la fuerza que mueve las placas es debida a corrientes de convección, plumas, una combinación de ambas, u otros factores desconocidos.

INVESTIGANDO LOS PUNTOS CALIENTES

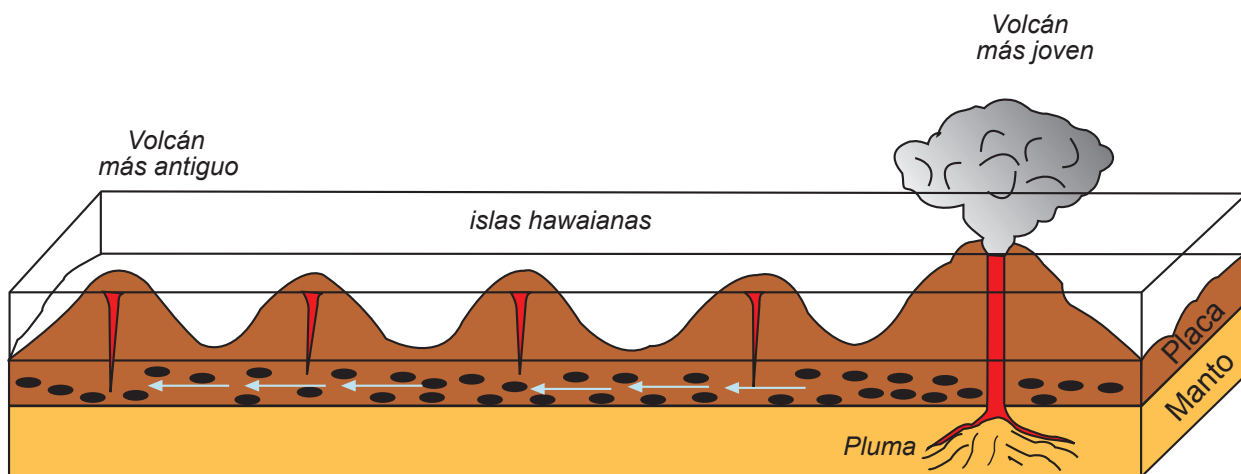
Aparecen volcanes en aquellos lugares donde el magma proveniente de una pluma alcanza la superficie de la Tierra. Los lugares con mucha actividad volcánica son llamados puntos calientes. Los puntos calientes se encuentran

sobre las plumas del manto. Algunas plumas están localizadas bajo las fronteras de placas. Los científicos creen, sin embargo, que las plumas también se presentan lejos de las fronteras de placas. Por ejemplo, los puntos calientes que ocurren en el medio de una placa son causados por plumas que están lejos de las fronteras de placas.

Los puntos calientes en el medio de la placa del Pacífico formaron las Islas Hawaianas. Estas islas-volcán son realmente gigantescas montañas que se elevan desde el piso oceánico. Note en el dibujo que el volcán en erupción se encuentra directamente sobre la pluma.

Durante los últimos 80 millones de años, la placa del Pacífico se ha estado moviendo hacia el noroeste. Los volcanes se mueven con la placa, pero la pluma en el manto no se mueve. Los volcanes que se alejan de la pluma abandonan su fuente de magma y se hacen inactivos.

A medida que los volcanes inactivos se alejan, aparecen nuevos y activos volcanes sobre la pluma. Debido a que la placa se mueve hacia el noroeste, aparecen nuevos volcanes hacia el sureste.



Generación de cadena volcánica a partir de un punto caliente.

¿HA ESCUCHADO UD. QUE?

Aunque la mayor parte de los puntos calientes se encuentran en el océano, algunos de ellos están en los continentes. Los puntos calientes ubicados en tierra firme, podrían ser áreas donde los continentes están comenzando a separarse.

A) REPORTAJE

PARA LUBRICAR LA TIERRA

de ISAAC ASIMOV (extracto de "Muy Interesante", mayo 1988)

De vez en cuando tiembla la Tierra. En la escala del planeta es un fenómeno nimio, una sacudida breve y diminuta. A escala humana, por el contrario, es enorme, el único fenómeno natural que puede matar a miles de personas y causar daños gravísimos en menos de cinco minutos. Es lo que llamamos un terremoto.

El 24 de enero de 1556 hubo un movimiento sísmico en la provincia de Shensi, en China, y se dice que murieron 830.000 personas; hasta ahora es la cifra más alta en esta clase de catástrofes. Otro terremoto, el del 30 de diciembre de 1703, causó 200.000 víctimas en Tokyo, y el 11 de octubre de 1757 murieron 300.000 en Calcuta.

El 1 de diciembre de 1755 quedó asolada la ciudad de Lisboa a raíz de otro movimiento sísmico y del tsunami (o maremoto) subsiguiente, murieron 60.000 personas.

El destino de los terremotos es que, con el tiempo, se hagan cada vez más mortíferos, por la sencilla razón de que cada vez hay más gente en la Tierra y que las obras de los seres humanos son cada vez más numerosas, complejas y costosas.

Pensemos, por ejemplo, en el terremoto de 1906 que destruyó la ciudad de San Francisco, mató a 700 personas, dejó a 250.000 sin hogar causó daños materiales por valor de 500 millones de dólares. Si hoy hubiese un terremoto similar, es probable que muriera más gente, que muchas más quedaran sin hogar y que los daños materiales fuesen infinitamente mayores.

¿Qué se puede hacer? ¿Es posible predecir los terremotos para que al menos la gente pueda alejarse a tiempo?

Puede que sí. Hay ciertos fenómenos preliminares que, al parecer, presagian un movimiento sísmico: elevaciones del suelo o ligeras separaciones de las rocas, que, a su vez, ocasionan cambios en el nivel del agua de los pozos o en las propiedades eléctricas y magnéticas del suelo.

Las personas somos insensibles a algunos de los temblores preliminares, pero los animales, que viven más cerca de la naturaleza sí los detectan y muestran signos de inquietud. Los caballos se encabitan y se desbocan, los perros aúllan y los peces empiezan a brincar, los animales que, como las, serpientes y las ratas, permanecen por lo común escondidos en agujeros, salen de pronto al aire libre, y los chimpancés de los zoológicos muestran desasosiego y pasan más tiempo en el suelo.

En la China, donde los terremotos son más comunes y dañinos que en los Estados Unidos, se ha pedido a la población que esté pendiente de conductas poco usuales de los animales, de ruidos extraños en la Tierra, de cambios en el nivel de los pozos e incluso de un resquebrajamiento anormal de la pintura, debiendo dar parte inmediatamente.

Los chinos dicen haber predicho algunos terremotos, y afirman haber salvado muchas vidas en el sismo registrado el 4 de febrero de 1975 en la región nororiental del país. Pero otro, ocurrido el 27 de julio de 1976, no pudo ser detectado con antelación y arrasó toda una ciudad.

Ahora bien, evacuar una ciudad es todo un problema y ocasiona casi tantos trastornos como los que produce el terremoto. Además, aun en el caso de que la población evacúe la zona, no tiene más remedio que abandonar sus propiedades.

¿Es posible impedir, no ya prever, los terremotos?

Quizás. La corteza terrestre se compone de varias placas enormes que rozan y se restriegan entre sí al moverse. Las juntas donde se unen las placas (fallas) son desiguales e irregulares, de manera que la fricción es descomunal. Las rocas que se hallan a ambos lados de estas fallas se deslizan unas contra otras, luego se traban, haciendo que la presión se acumule, hasta que finalmente, cuando la tensión es suficientemente alta acaba por ceder la falla: entonces se produce un movimiento brusco, seguido de un nuevo atoramiento.

Cada uno de estos movimientos produce un terremoto, que será de mayor magnitud cuanto más brusca y extensa sea la dislocación. Como es lógico, si el grado de atoramiento es pequeño y los desplazamientos son frecuentes, habrá muchos terremotos pequeños, incapaces de causar ningún daño. Por el contrario, si el atoramiento y la fricción son enormes y la tensión se acumula durante años o incluso decenios, acabará produciéndose un gran deslizamiento, un gigantesco terremoto que destruya todo lo que encuentre en kilómetros a la redonda.

¿Es posible reducir la fricción entre las placas y facilitar el deslizamiento?

Imaginemos que abriéramos pozos muy profundos a lo largo de una falla y que inyectáramos agua. El líquido se abriría paso entre las masas rocosas, lubricaría, en cierto modo, su superficie y favorecería un deslizamiento gradual que daría lugar a un rosario de terremotos pequeños e inocuos. Los temidos terremotos asesinos no volverían jamás.

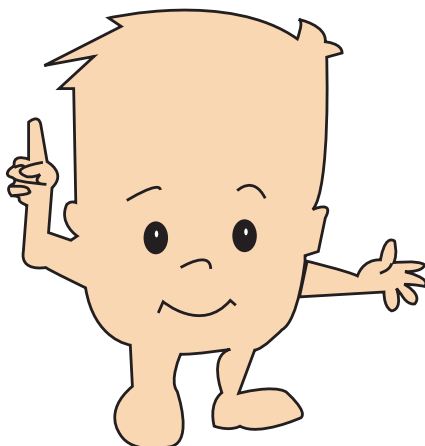
Si se consigue hacer viable este proyecto, u otro semejante, la Humanidad podría empezar a lubricar la Tierra sin tener que vivir ya nunca más bajo el miedo de los terremotos.

B) RESUMEN DEL CAPÍTULO

- Alfred Wegener propuso que los continentes estuvieron unidos en un gran continente llamado Pangea.
- Wegener utilizó capas de rocas, fósiles y cambios del clima como evidencia de la deriva continental.
- La cordillera meso-oceánica es una cadena montañosa de 65.000 kilómetros de largo en los océanos del mundo.
- El magma se eleva desde el manto creando nueva corteza oceánica en las cordilleras meso-oceánicas.
- La teoría de tectónica de placas establece que la parte rígida más externa de la Tierra está dividida en un número de partes llamadas placas. Las placas se separan, chocan o se deslizan una al lado de la otra.
- El flujo de material en el manto por convección o debido a las plumas puede producir movimiento de las placas.
- Los puntos calientes son regiones sobre la superficie de la Tierra que están inmediatamente sobre una pluma.

C) PREGUNTAS/PROBLEMAS

1. Compara la teoría de deriva continental de Wegener con la teoría de tectónica de placas.
2. Imagina una razón, distinta de la deriva continental, para explicar los fósiles idénticos en Sudamérica y África.
3. ¿Por qué en el centro de las cordilleras meso-oceánicas los sedimentos son delgados o no existen?
4. ¿Qué sucedería a la corteza si hubiera fronteras de separación y no hubiera fronteras de colisión?
5. Utilizando el mapa de las placas y de movimiento de las placas de este capítulo, explique por qué ocurren tantos sismos en las Islas Filipinas.
6. ¿Qué tipo de rasgo superficial se podría generar en una placa donde una corriente de convección se está hundiendo en el manto?



7. Un volcán activo está en el extremo sur de una cadena de volcanes de dirección norte-sur que ya no están activos. ¿En qué, dirección se está moviendo la placa?
8. Enumera los continentes que fueron parte de Pangea.
9. ¿Cómo podía Wegener explicar los helechos fósiles encontrados en rocas de la Antártica?
10. Describe la Cordillera Meso-Atlántica
11. Dónde se encuentran las rocas más jóvenes dentro de una cordillera meso-oceánica?
12. Describe un segmento de la Tierra denominado placa.
13. ¿Qué causa la aparición de fosas alrededor del Pacífico?
14. ¿Qué es una corriente de convección?
15. ¿En qué capa de la Tierra se origina una pluma?
16. Si tú visitaras un punto caliente, ¿qué esperarías ver?

D) CUESTIONARIO DEL CAPÍTULO

A. Vocabulario. En los paréntesis del margen izquierdo coloque, la letra de la Columna II que corresponda al término definido en la Columna I.

Columna I

1. () el nombre del gran continente de Wegener.
- 2 () gran cadena montañosa submarina que rodea la Tierra.
3. () una teoría que plantea que la superficie de la Tierra está dividida en muchos trozos rígidos.
- 4.() sección de mayor profundidad en los océanos, que se encuentra donde una placa se mueve bajo otra.
- 5.() material caliente que asciende, se separa en superficie y vuelve a hundirse.
6. () una teoría que describe la formación de corteza nueva.
- 7.() región de la superficie de la Tierra que tiene muchos volcanes.
8. () un flujo similar a un chorro de material caliente desde el fondo del manto.
9. () teoría de que las masas terrestres se mueven sobre el piso oceánico.

Columna II

- a. corriente de convección
- b. deriva continental
- c. punto caliente
- d. cordillera submarina
- e. Pangea
- f. pluma
- g. tectónica de placas
- h. desplazamiento del fondo del mar
- i. fosa
- j. magma

B. Selección múltiple. En la columna de la derecha coloque la letra que complete mejor la frase o que responda la pregunta.

1. Los científicos no estuvieron de acuerdo con la idea de Wegener, porque él no pudo explicar:
 - a) el hallazgo de fósiles similares en diferentes continentes.
 - b) la naturaleza y origen de la fuerza necesaria para mover los continentes.
 - c) las formaciones de rocas idénticas.
 - d) los cambios del clima.

En la siguiente pregunta, marque la alternativa INCORRECTA, o que no corresponde.

2. La cordillera Meso-Atlántica:

- a) está ubicada donde chocan dos placas.
- b) está compuesta de dos cordilleras paralelas.
- c) forma parte de la cadena montañosa submarina mundial.
- d) está ubicada donde se forma nueva corteza.

3. Se genera nueva corteza oceánica en:

- a) fosas.
- b) cordilleras meso-oceánicas.
- c) fallas.
- d) playas.

4. Corteza oceánica antigua se destruye en:

- a) las fosas.
- b) las cordilleras.
- c) las fallas.
- d) los volcanes.

5. Si muchas fosas rodean a una placa, ella está probablemente:

- a) agrandándose.
- b) achicándose.
- c) manteniendo su tamaño.
- d) engrosándose.

6. Las fronteras de falla ocurren cuando:

- a) una placa se hunde bajo otra.
- b) las placas no se mueven más.
- c) dos placas se están separando.
- d) dos placas están deslizándose lateralmente.

7. Una causa posible de los movimientos de las placas es la

- a) convección en el manto.
- b) rotación de la Tierra.
- c) atracción de la Luna.
- d) atracción del Sol.

8. La cadena de las Islas Hawaiianas fue creada probablemente cuando la placa Pacífico pasaba sobre una:

- a) falla.
- b) pluma.
- c) fosa.
- d) cordillera meso-oceánica.

CAPÍTULO 3

LA SISMICIDAD DE LA TIERRA Y

LOS VOLCANES

En la foto podemos ver la erupción de un volcán. Estas erupciones afectan los terrenos y el aire a su alrededor por muchos kilómetros. Los sismos, de la misma forma que los volcanes, pueden causar mucho daño.

En este capítulo leerás sobre la actividad sísmica y los volcanes en la Tierra. Este capítulo también sugiere algunos "signos" que están utilizando los científicos en un esfuerzo para predecir los sismos y las erupciones volcánicas.

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

1. Explicar las relaciones existentes entre las fallas, los sismos y los bordes de las placas, señalando la distribución geográfica de los eventos sísmicos.
2. Explicar cómo los científicos utilizan las ondas sísmicas para ubicar los epicentros de los sismos.
3. Contrastar la formación de rocas intrusivas y extrusivas.
4. Describir cuatro tipos de conos volcánicos.

3.1 SISMOS

Un sismo es un estremecimiento o sacudida de la Tierra. ¿Qué causa un sismo? Explosiones gigantescas pueden sacudir la Tierra, o el magma que asciende por el interior de un volcán pueden causar un sismo. Sin embargo, la mayoría de los sismos ocurren porque las rocas se mueven a lo largo de una falla.

Piensa acerca de, estas preguntas a medida que lees sobre los sismos:

- a. ¿Cómo están relacionados los sismos con las fallas?
- b. ¿Dónde ocurren la mayoría de los sismos?
- c. ¿Qué nos dice la escala Richter acerca de un sismo?
- d. ¿Qué son las réplicas?

• SISMOS Y FALLAS

Imagínate lo que sucede cuando doblas una regla plástica. Esta tiene cierto grado de flexibilidad, pero si la doblas demasiado, la regla se quiebra y ambos trozos vuelven a una posición recta. Las rocas en la corteza de la Tierra que están bajo presión también se doblan, se quiebran y vuelven a su posición original. Una falla es una ruptura en las rocas a lo largo de la cual las rocas, se han movido.

Cuando se produce el quiebre, se libera energía en forma de ondas sísmicas. Esta energía hace, que la Tierra se estremezca, y nosotros sentimos un sismo.

Con el advenimiento de sismógrafos de suficiente sensibilidad, distribuidos alrededor de todo el mundo, es relativamente fácil captar las perturbaciones sísmicas, aun cuando éstas no sean sensibles al hombre. Una vez que las ondas sísmicas son detectadas y registradas en varias estaciones sismológicas, es posible determinar su lugar de, origen y el momento en que se produjo.

Actualmente, existen varias instituciones que se dedican a determinar los parámetros de los sismos a nivel mundial, con lo cual se puede establecer de manera adecuada las zonas sísmicamente más activas o aquellas de baja sismicidad. El mapa siguiente muestra la distribución mundial de los eventos sísmicos.

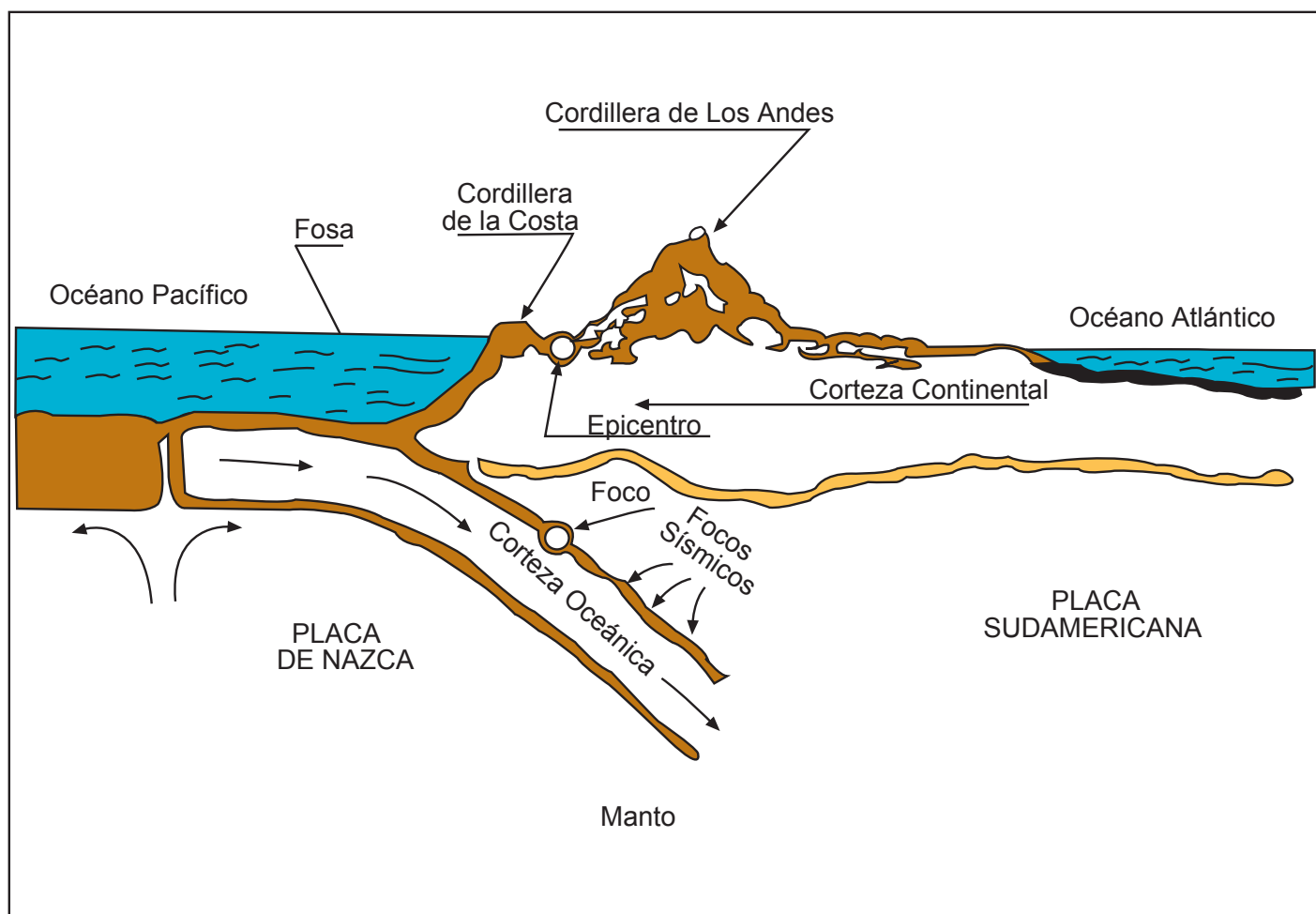
Al examinar el mapa, se puede concluir que la distribución de los sismos no es homogénea, sino que forman zonas sísmicas bien definidas; en los océanos son muy estrechas formando franjas bien delimitadas, que son coincidentes con la ubicación de las cordilleras o meso-dorsales oceánicas.



Distribución de la sismicidad.

Fuera de estas zonas, gran parte del piso oceánico es asísmico. Las meso-dorsales más importantes son: la Central del Atlántico, la del Océano Índico que se divide hacia el Sur en dos ramas y la cordillera del Pacífico Oriental, que nace en el Golfo de California extendiéndose hacia el Sur y, posteriormente, se divide en dos ramas a la altura de Isla de Pascua (Chile), una que prosigue hacia el Sur-Oeste y la otra que llega hasta la Península de Taitao, en Chile continental. En general, los sismos en estas zonas son todos superficiales y no alcanzan gran magnitud.

Igualmente concentrados y mayores en número son los eventos localizados en las estructuras llamadas arcos de islas. De éstas, las más importantes están situadas en franjas alrededor del Océano Pacífico. Los arcos de islas que se destacan son: Alaska-Islas Kodiak, Península de Kamchatka, Islas Kurile, Japón, Islas Marianas, Islas Salomón, Nueva Hébrides, Islas Fiji, Filipinas Sunda-Adaman; todos ellos en el Océano Pacífico. En el Atlántico se encuentran los de las Pequeñas Antillas y de Islas Sandwich del Sur. Franjas sísmicas similares tienen también las costas de Centro y Sudamérica. Los terremotos de mayor magnitud y profundidad se encuentran casi todos localizados en estas zonas. La gran franja sísmica que se extiende a lo largo del Sur de, Europa, los Himalayas y el Sudeste de Asia, es una zona más complicada en la cual los sismos presentan una distribución más dispersa.



Corte transversal de Sudamérica

Si el foco se ubica a una profundidad entre 0 y 60 km, el terremoto es superficial; en el caso que el foco ocurra en la superficie de la Tierra, el hipocentro coincide con el epicentro. Si el foco se ubica entre 61 y 300 km de profundidad, el terremoto es intermedio. Si el foco se sitúa entre los 301 y 700 km de profundidad, el terremoto es profundo.

TAMAÑO DE UN SISMO

Para medir un terremoto se utilizan dos escalas: la de INTENSIDAD y la de MAGNITUD.

La intensidad es la violencia con que se siente un sismo en diversos puntos de la zona afectada. La medición se realiza observando los efectos o daños producidos por el sismo en las construcciones, objetos, terrenos y el impacto que provoca en las personas. El valor de la intensidad de un sismo en un cierto lugar, se determina

de acuerdo a una escala de intensidades previamente establecida, la que varía de un país a otro.

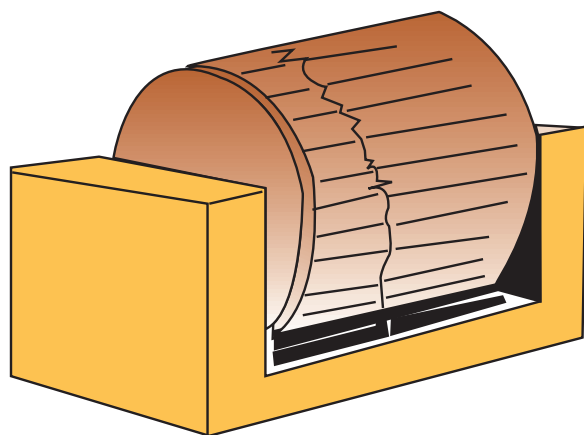
En Chile y América, en general, se utiliza la Escala Modificada de Mercalli, la cual tiene 12 grados de intensidad. Los dibujos siguientes muestran los diferentes niveles de intensidad.

, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos.

INTENSIDAD VIII

Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Daños de consideración y aun derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. Caen chimeneas,

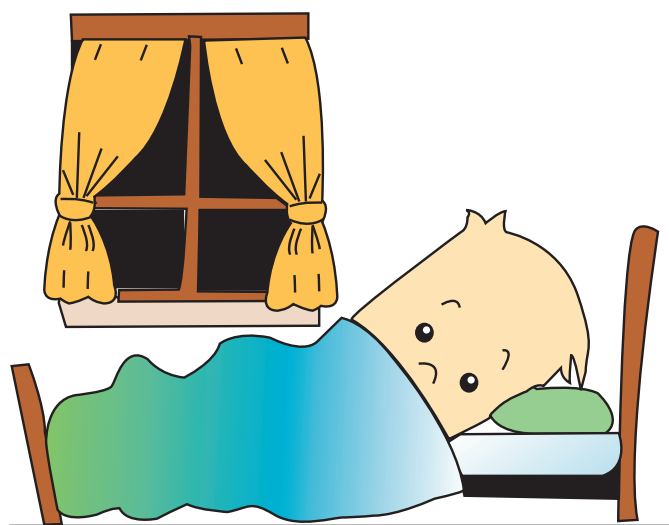
INTENSIDAD I



INTENSIDAD I

No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente, favorables.

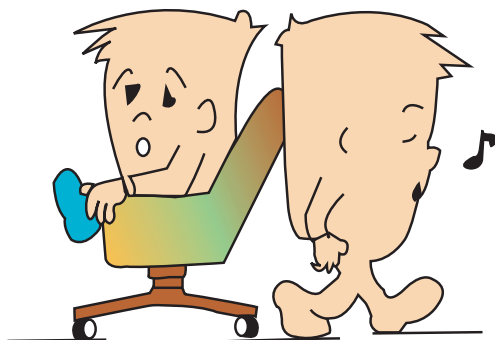
INTENSIDAD II



INTENSIDAD II

Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente las ubicadas en los pisos superiores de los edificios.

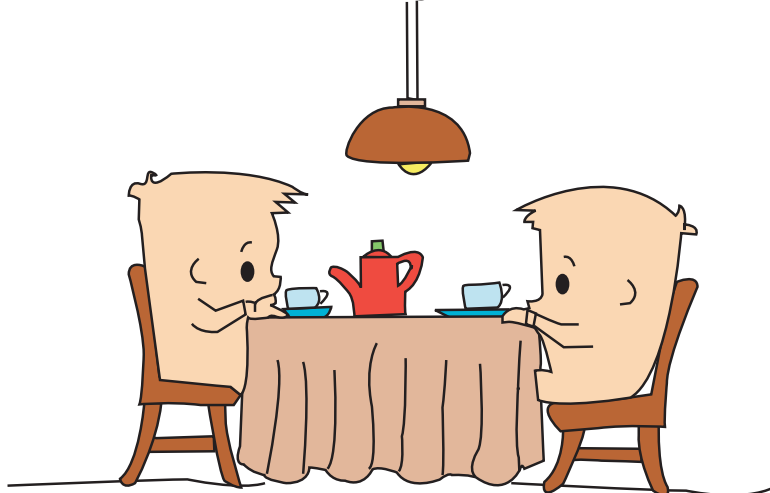
INTENSIDAD III



INTENSIDAD III

Se percibe en el interior de los edificios y casas. No se distingue claramente que la naturaleza del fenómeno es sísmica, ya que se parece al paso de un vehículo liviano.

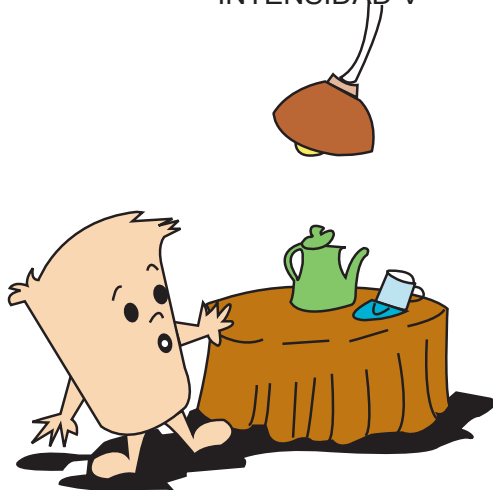
INTENSIDAD IV



INTENSIDAD IV

Objetos colgantes oscilan visiblemente. Sentido por todos en el interior de edificios y casas. Sensación percibida es semejante a el paso de un vehículo pesado. En el exterior, la percepción no es tan general.

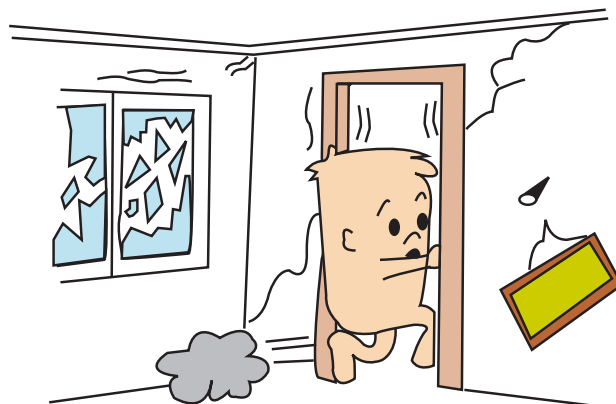
INTENSIDAD V



INTENSIDAD V

Sentido por casi todos aun en el exterior. Durante la noche muchas personas despiertan. Líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aun pueden derramarse. Objetos inestables se mueven o se vuelcan.

INTENSIDAD VI

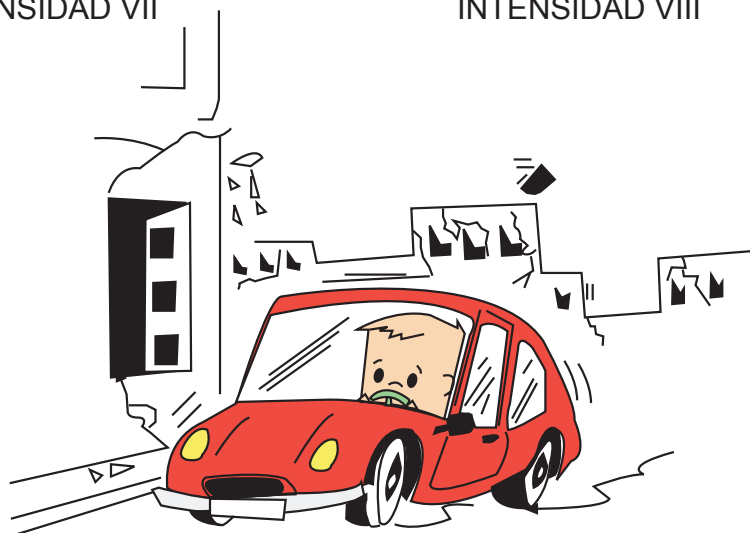


INTENSIDAD VI

Lo perciben todas las personas. Se siente inseguridad para caminar. Se, quiebran vidrios de ventanas, vajilla y objetos frágiles. Muebles se desplazan o se, vuelcan. Se producen grietas en algunos estucos. Se hace visible el

INTENSIDAD VII

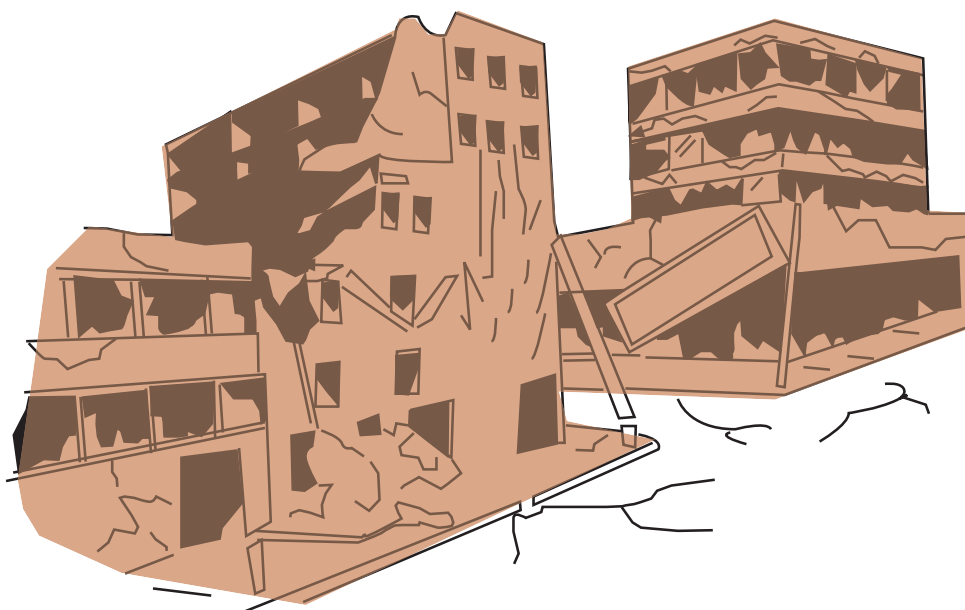
INTENSIDAD VIII



Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. Se percibe en automóviles en marcha. Daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas. Caen trozos de estucos, ladrillos monumentos, columnas, torres y estanques elevados. Casas de maderas se desplazan y aun se

INTENSIDAD IX

INTENSIDAD X

**INTENSIDAD IX**

Se produce pánico general. Las estructuras corrientes de albañilería bien construidas se dañan y a veces se derrumban totalmente. Estructuras de madera son removidas de sus cimientos. Se quiebran las cañerías subterráneas.

INTENSIDAD X

Se destruye gran parte, de las estructuras de albañilería de toda especie. Algunas estructuras de madera bien construidas, incluso puentes, se destruyen. Grandes daños en represas, diques y malecones. Rieles de ferrocarril levemente deformados.

INTENSIDAD XI

INTENSIDAD XII

**INTENSIDAD XI**

Muy pocas estructuras de albañilería quedan en pie. Rieles de ferrocarril fuertemente deformados. Las cañerías subterráneas quedan totalmente fuera de servicio.

INTENSIDAD XII

El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

La magnitud es la energía real liberada en el foco del sismo. Se mide con instrumentos, es decir, es una valoración objetiva, instrumental del sismo y se usa en este caso la escala Richter, cuyos grados representan cantidades progresivamente multiplicadas de energía. Es decir, un aumento de un número de la Escala Richter significa un aumento de 30 a 50 veces la cantidad de energía liberada por un sismo.

¿HAS ESCUCHADO QUE?

Mucha gente ha informado haber visto luces de colores o resplandores durante terremotos. Algunos científicos piensan que ciertas rocas en la Tierra adquieren una carga eléctrica cuando ellas son agitadas violentamente. La carga provoca chispazos similares a relámpagos, los que producen las extrañas luces.

TERREMOTOS Y RÉPLICAS

Los sismos más fuertes registrados en la historia han ocurrido en 1933 cerca de la costa de Japón y en 1960 frente a la costa sur de Chile. Estos terremotos fueron de valores superiores a 8,9 en la escala de Richter. Sismos de este tipo causan daños como los mostrados en la fotografía que se adjunta.

Terremoto de México, septiembre 1985.
(Fotografía de "National Geographic", May 1986)

Muchos sismos pequeños, llamados réplicas, ocurren normalmente después de un terremoto. El terremoto de San Fernando en California, EEUU., ocurrido en 1971 registró una magnitud de 6,6 en la escala de Richter. En los tres primeros días después del terremoto, se registraron más de 1.000 réplicas. Algunas de ellas midieron hasta 5 en la escala de Richter.

• UTILIZANDO SISMÓGRAFOS PARA ENCONTRAR EL EPICENTRO

Un sismógrafo es un instrumento sensible que mide y registra las ondas sísmicas que se explicaron en el Capítulo 1. Cuando una onda sísmica sacude el sismógrafo, la aguja marca líneas zigzagüeantes en un tambor con papel, dejando un registro similar al que se muestra, denominado sismograma.

Como las ondas P viajan más rápido, llegan en primer lugar al sismógrafo, seguidas por las ondas S. Las ondas superficiales L, como se mueven por sobre la superficie de la Tierra, llegan en último lugar.

Los científicos pueden calcular la distancia al epicentro de un sismo leyendo los sismogramas, si conocen la diferencia en tiempo entre la llegada de las ondas P y las ondas S al sismógrafo.

Se requiere lecturas de tres estaciones sismográficas para ubicar el epicentro de un sismo, tal como se muestra en la figura.

Asuma que un científico encontró que la distancia de la Estación A al epicentro de un sismo es 1.000 kilómetros. El epicentro, por lo tanto, podría estar en cualquier punto sobre un círculo de radio 1.000 kilómetros alrededor de la Estación A.

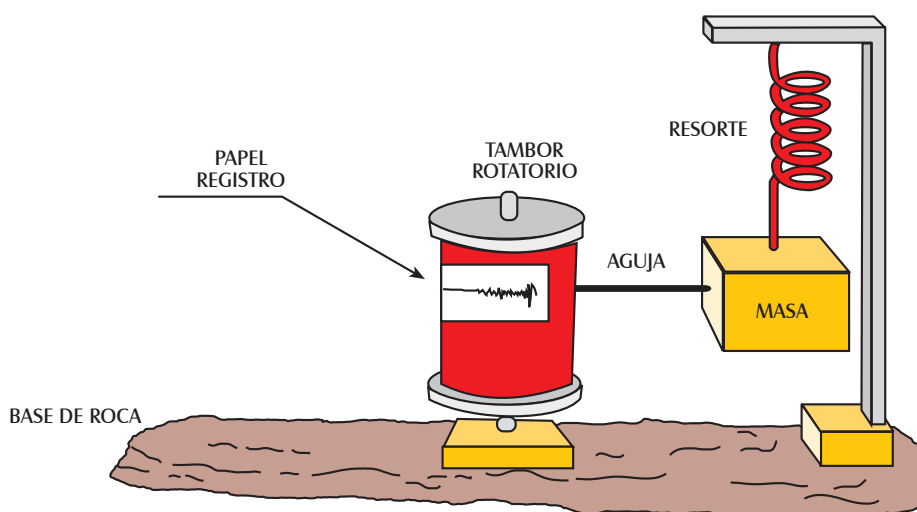
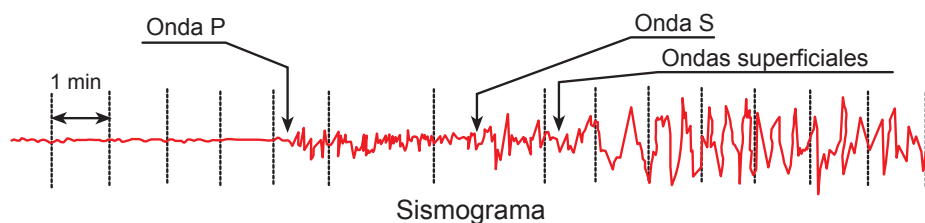


Diagrama esquemático de un sismógrafo





Determinación del epicentro

El científico dibuja este círculo alrededor de su estación en un mapa. Asumamos que los científicos en las estaciones B y C también leen los registros y determinan que las distancias al epicentro desde la estación B es de 500 kilómetros y de 400 kilómetros desde la estación C. Ellos dibujan círculos alrededor de sus estaciones en B y C sobre los mapas, usando la distancia al epicentro como radio del círculo, de la misma forma que se hizo anteriormente. El epicentro del sismo, mostrado en la figura anterior, es el punto donde se intersectan los tres círculos en el mapa.

ALERTA - HAY UN TERREMOTO POR DELANTE

¿Dónde y cuándo ocurrirá el siguiente terremoto?
¿Será uno fuerte?

Los científicos están tratando de responder estas interrogantes.

La gente alrededor de todo el mundo que observa las fallas, encuentra que a menudo se producen algunos "signos" antes de los terremotos. El terreno a veces se hincha o inclina cerca de una falla antes de un sismo. Un aumento del número de sismos pequeños en una falla, podría significar que se aproxima un sismo fuerte. De la misma forma, los cambios del nivel del agua en pozos ubicados cerca de una falla son, a menudo, signos de un sismo. Una disminución repentina de la velocidad de las ondas P en una zona de falla, puede significar problemas inminentes. Estos cambios pueden durar varios meses antes de sismos pequeños o años antes de sismos grandes.

Usando éstos, y muchos otros signos, los científicos han sido capaces de predecir correctamente algunos sismos pequeños. Quizás durante nuestra vida el pronóstico de sismos será lo suficientemente exacto como para salvar muchas vidas.

ACTIVIDAD

LOCALIZANDO UN SISMO FIGURA

Propósito

Encontrar el epicentro de un sismo X.

Materiales

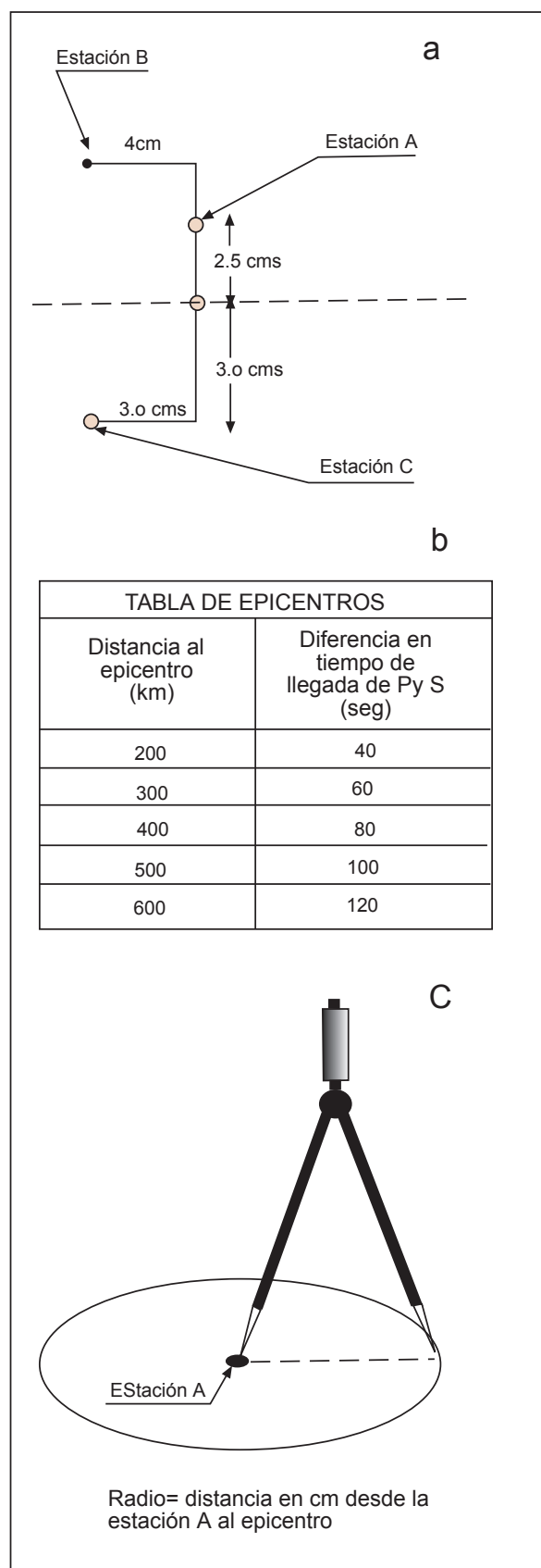
- una hoja de papel blanco
- compás
- regla

Procedimiento

1. Doblando la hoja a lo largo de las líneas punteadas, como se muestra en la figura a, encuentre y marque el centro del papel.
2. Marque las estaciones A, B y C en el papel de acuerdo a las distancias dadas en la figura "a". Usted está haciendo un mapa para encontrar el epicentro.
3. Los científicos saben la rapidez con que viajan las ondas P y S. Ellos pueden calcular la distancia al epicentro de un sismo calculando la diferencia en el tiempo de llegada de las dos ondas a sus estaciones.

La diferencia en el tiempo de llegada de las ondas es:

120 segundos en la est. A
80 segundos en la est. B
80 segundos en la est. C



Utilizando la Tabla de Epicentro que aparece en b, lee y registra la distancia al epicentro desde cada estación.

4. Convierte cada distancia a cm, de tal forma que los datos puedan ser utilizados en tu mapa. Usa la escala $1 \text{ cm} = 100 \text{ km}$ para trazar el radio de cada círculo en el paso 5.
5. En tu mapa, dibuja un círculo de la Estación A, tal como se muestra en c). El radio del círculo es la distancia en cm que obtuviste en el paso 4.
6. Repite el paso 5 para las otras dos estaciones.
7. La ubicación del epicentro del sismo X es el punto donde se intersectan los tres círculos. Marca este punto con una X.

Análisis

1. ¿Cuándo necesitan los científicos utilizar este método para encontrar el epicentro?
2. ¿Dónde está el foco del sismo X?
3. ¿Por qué es necesario dibujar un círculo alrededor de cada estación, con la distancia al epicentro como radio?
4. ¿Cómo podría alguien predecir la ubicación aproximada de un epicentro sin un sismógrafo?

3.2 EL MAGMA Y LA LAVA

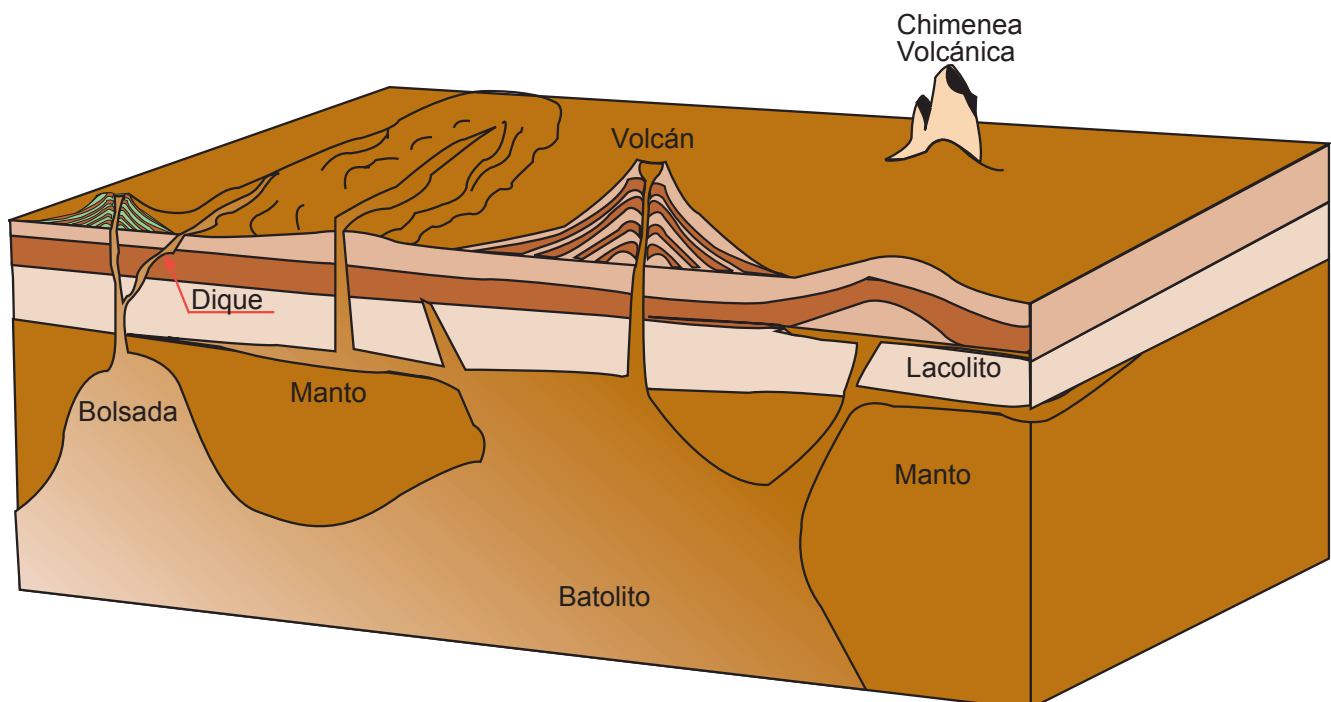
Como en un sismo, la erupción de un volcán significa que algo está sucediendo dentro de la Tierra. A medida que lees, estudia estas preguntas:

- ¿Qué se forma cuando el magma es atrapado bajo tierra?
- ¿Dónde llega la lava a la superficie de la Tierra?
- ¿Por qué la lava es importante en el borde de las placas?
- ¿Cómo se pueden clasificar los volcanes por su actividad?
- ¿Cómo se diferencian los conos volcánicos?

• MAGMA DENTRO DE LA TIERRA

La roca que se forma a partir del magma que se enfría y se endurece es la roca intrusiva. No se pueden ver las rocas intrusivas a menos que algunos procesos geológicos dejen expuesta la roca escondida. Por ejemplo, el agua puede desgastar las rocas en la superficie. En el dibujo de abajo se ilustran cinco estructuras intrusivas, de tal manera que se puede observar la forma y el tamaño relativo de cada uno.

Un batolito, mostrado en la figura, es tan grande que a menudo su base es desconocida.



Distribución de rocas intrusivas y extrusivas.

En efecto, los núcleos de muchas montañas son batolitos. La bolsa es similar, pero más pequeña que un batolito. Cuando el magma busca su camino entre las capas de rocas, se forma un manto. El lacolito, con forma de hongo, se forma cuando el magma empuja hacia arriba a las rocas que están sobre él. Cuando el magma cruza a las rocas existentes con un cierto ángulo, resulta un dique.

• LAVA SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA

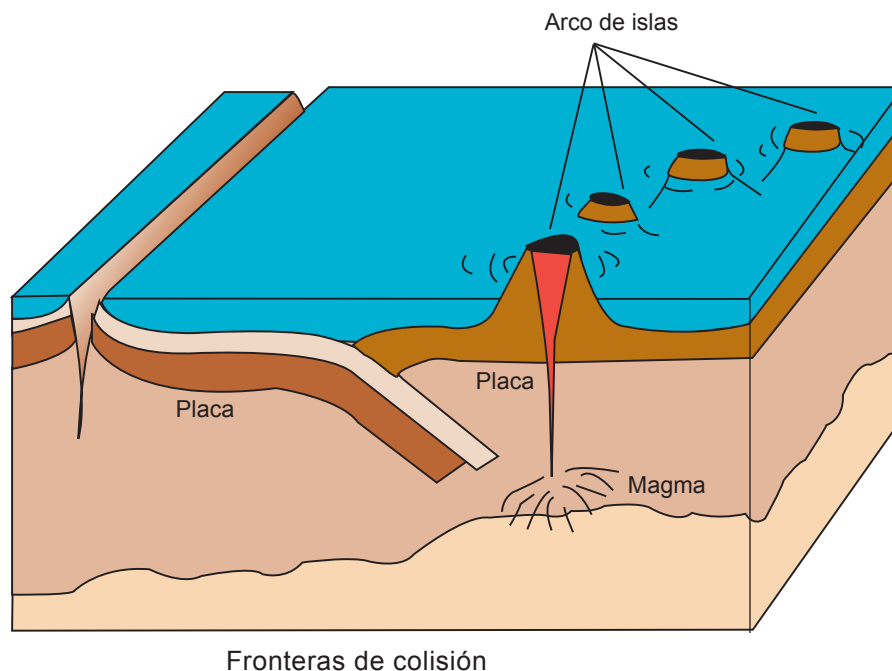
Cuando el magma aflora a la superficie de la Tierra, se denomina lava. La lava alcanza la superficie a través de volcanes o a través de grietas en el terreno. Estas grietas se denominan fisuras. Las rocas extrusivas son lava endurecida sobre la superficie de la Tierra.

Lava proveniente de grandes fisuras puede invadir amplios terrenos, ya que ellas pueden tener varios kilómetros de largo.

• LAVA EN LAS FRONTERAS DE LAS PLACAS

La mayor parte de las rocas extrusivas se forma en sitios que no pueden verse (sobre el piso oceánico). Estas rocas son la nueva corteza nacida en las cordilleras meso-oceánicas, llamadas también dorsales. Grandes cantidades de lava se elevan a través de fisuras o volcanes en las fronteras de separación. Ocasionalmente, los volcanes que se desarrollan en el piso oceánico, crecen lo suficiente como para formar islas.

Muchos volcanes se encuentran cerca de las fronteras de colisión. El diagrama inferior muestra una placa oceánica hundiéndose bajo otra placa oceánica. La corteza en hundimiento se funde en la astenosfera. Posteriormente, el magma que se forma a partir de la corteza fundida asciende. Este magma da lugar a volcanes en islas que se denominan arcos de islas. Las Islas Japonesas son un ejemplo de un arco de islas.



Los volcanes se pueden formar también sobre tierra firme, en lugares donde una placa oceánica se hunda bajo una placa continental. Este tipo de frontera se produce en las Montañas Cascada de Washington y Oregon en EEUU, como así también en la Cordillera de los Andes en Sudamérica.

¿HAS ESCUCHADO QUE?

La lava almohada es un tipo de lava que se enfrió y endureció bajo el agua. Es común en las fronteras de separación. Los extraños bultos redondeados de lava caliente, estallan, sisean, y se agrietan cuando se encuentran con el agua fría del mar.

• LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA

Los volcanes difieren en apariencia y comportamiento. Algunos volcanes arrojan vapor de agua y otros gases, polvo, ceniza, y rocas en forma explosiva, como sucedió con el Monte St. Helens de EEUU en 1980. Otros volcanes rezuman lava tranquilamente.

¿Por qué algunos volcanes explotan? Recuerde los efectos de sacudir una botella de bebida caliente. La botella puede explotar, liberando el gas disuelto en la bebida. Los gases y el vapor de agua, que están bajo presión dentro de un volcán, también pueden explotar.

Una de las explosiones volcánicas más grande jamás ocurrida fue la erupción del volcán Krakatoa, una isla volcánica ubicada en el estrecho entre Java y Sumatra, en el Pacífico Occidental. En 1883 explotó tan violentamente que la gente escuchó la explosión a 3.200 kilómetros de distancia. La mayor parte de la isla desapareció. El polvo volcánico permaneció en el aire alrededor del mundo durante dos años. Se formó una onda marina producto de la explosión que mató más de 36.000 personas en las islas vecinas.

A menudo, los volcanes dan señales de alerta antes de entrar en erupción. Estas señales incluyen la emisión de gas y humo desde el volcán. La actividad sísmica señala el ascenso del magma dentro del volcán. El terreno alrededor del volcán puede hincharse o inclinarse levemente.

Si un volcán ha tenido erupciones en el pasado reciente, se denomina un volcán activo. Un volcán durmiente o latente es uno que ha entrado en erupción en el pasado, pero ha estado tranquilo durante muchos años. Un volcán extinguido es uno que se espera que no tenga erupciones nuevamente. La mayor parte de los volcanes de las Islas Hawaiianas están extinguidos.

¿SABÍAS QUE?

Muchos países del mundo utilizan agua caliente o vapor proveniente del terreno para calentar sus casas o fabricar electricidad. El agua en el suelo es calentada por la actividad ígnea. La energía proveniente del calor de la Tierra es llamada energía geotérmica.

EL CONO VOLCÁNICO

La montaña construida por varias erupciones volcánicas es llamada el cono volcánico. Está hecho de lava, ceniza volcánica y rocas. Un cono tiene normalmente una apertura central. Los materiales volcánicos suben a través de esa abertura. La cima del cono tiene generalmente un cráter, que es una depresión similar a una taza. La forma de un volcán depende de la forma en que ocurren las erupciones y del tipo de material volcánico que sale del cono.

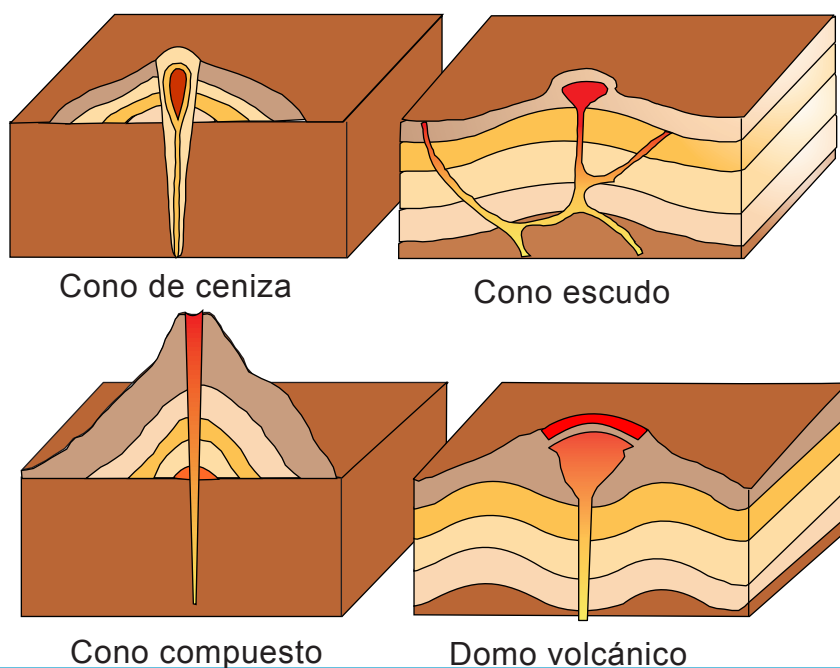
Tipos de conos volcánicos.

Un cono de ceniza, mostrado en la figura superior, se forma cuando las erupciones arrojan principalmente rocas y ceniza y muy poca lava. El Parícutín es un famoso volcán, que se encuentra en México, cuyo cono es de ceniza. En 1943, este volcán apareció en un potrero de maíz. En seis días, el cono tenía ¡150 metros de alto! El volcán alcanzó una altura de 400 metros antes de quedar en estado durmiente.

Las erupciones no explosivas con flujos de lava tranquilos crean conos escudo, que también se muestra en las figuras de arriba. Las islas volcánicas de Hawaii con sus suaves laderas son típicos volcanes escudo.

Erupciones alternadas de polvo, ceniza y rocas seguidas por flujos tranquilos de lava, forman conos compuestos, tal como se muestra en la figura.

Los domos volcánicos resultan de erupciones violentas de lavas tan espesas que apenas fluyen. Como se puede ver en la figura, estos volcanes tienen lados inclinados y cumbres en forma de domo. El monte Pelée es un cono volcánico ubicado en la isla de Martinica en el Mar Caribe. Erupcionó violentamente, y con muy poco aviso en 1902. Una ardiente nube, de gas y ceniza rodó



hacia abajo por las laderas del volcán, matando la mayor parte de la gente que habitaba en la aldea ubicada en sus faldeos.

Los efectos de las erupciones volcánicas son de largo alcance. Enormes cantidades de polvo volcánico en el aire, contribuyen a hermosas puestas y salidas, de sol. El polvo volcánico, si es lo suficientemente denso, puede cambiar el tiempo. El aumento de la cobertura de nubes debido al polvo, puede causar lluvia y aun tiempo frío. Los suelos fértiles de las Islas Hawaiianas se, desarrollaron a partir de cenizas y rocas volcánicas. Los científicos piensan que los gases en el aire y el agua en el océano provinieron de antiguas erupciones volcánicas.

ACTIVIDAD

SISMOS Y VOLCANES

Propósito

Comparar las ubicaciones de sismos y volcanes alrededor del Pacífico.

Materiales

- lápiz
- bosquejo de un mapa del Pacífico y de los países a su alrededor
- mapa del mundo o globo terráqueo

Procedimiento

1. Utilizando un globo terráqueo o un mapa del mundo, localiza en tu bosquejo de mapa las áreas de sismos que se nombran en "a". Toma nota que los nombres de las áreas incluyen ciudades, estados, islas y países.
2. En tu bosquejo de mapa marca con una S las ubicaciones que encontraste en el paso anterior.
3. Dibuja una línea desde una S a la más próxima hasta que todas las S estén unidas.
4. Utilizando un globo terráqueo o un mapa mundial, ubica los lugares con volcanes que se listan en "a". Probablemente, no podrás ubicar los volcanes mismos, pero si, encontrar las islas, estados, países o áreas donde se encuentran los volcanes.
5. Marca estas ubicaciones con una V en tu mapa bosquejo.
6. Repite el paso 3 con todas las V.

Análisis

1. Describe las figuras resultantes de la unión de todas las S y de todas las V.
2. ¿Qué relación existe entre las zonas de sismos y las zonas de volcanes en tu mapa?
3. ¿Cómo es la comparación de las zonas de sismos y volcanes con las fronteras de placas mostradas en el mapa del Capítulo 2?
4. ¿En cuál de los tres tipos de frontera de placas se encuentran ubicados todos los sismos y volcanes?
5. ¿Qué otro rasgo superficial es probable que se ubique cerca de los volcanes en tu mapa?
6. ¿Porqué piensas que el área alrededor del Pacífico es llamado "El Anillo de Fuego"?

a)	
Áreas de Sismos Frecuentes	Volcanes
Acapulco, México Islas Aleutianas Anchorage, Alaska Concepción, Chile Costa Rica Ecuador Islas Fiji Los Angeles, California, EEUU Nueva Guinea Nicaragua Nueva Zelanda Portland, Oregon, EEUU San Francisco, California, EEUU Santiago, Chile Yokohama, Japón.	Tacora, Chile Misti, Perú Santa Elena, EEUU Osorno, Chile Parícutín, México Pógoromi, I. Aleutianas Sangay, Ecuador Santa María, Guatemala Ruapehu, Nueva Zelanda Taal, Filipinas Wrangell, Alaska Koryakskaya, Costa Pacífico de Comunidad de EEII

A) REPORTAJE

• LAS ERUPCIONES Y SUS PRODUCTOS

(Extractado de "FACING GEOLOGICAL AND HYDROLOGICAL HAZARDS" US. Geological Survey Professional Paper 1240-B)

Las erupciones volcánicas pueden clasificarse en forma amplia en explosivas y no explosivas. Las erupciones no explosivas son generalmente generadas a partir de un magma (roca fundida) rico en hierro y magnesio, que es relativamente fluido y permite que los gases, escapen en forma fácil. Los flujos de lava que son comunes en las islas de Hawaii son un producto característico de las erupciones no explosivas. Por el contrario, las erupciones explosivas son violentas y se derivan de un magma rico en sílice, que no es muy fluido, estas erupciones son comunes en volcanes de Alaska. Las erupciones explosivas producen grandes cantidades de fragmentos en forma de cenizas, flujos piroclásticos, y flujos de barro sobre y más allá de los flancos de los volcanes.

La tefra es uno de los productos de una erupción. Tefra es un término que se utiliza para describir los fragmentos de rocas de todos tamaños que son arrojados al aire sobre un volcán, a menudo en una columna vertical que alcanza hasta la capa externa de la estratosfera. Los fragmentos grandes de roca generalmente caen sobre o cerca del volcán. Los fragmentos pequeños son transportados por el viento y caen a tierra a una distancia determinada por el tamaño y la densidad de grano, la altura a la cual fueron lanzados los fragmentos y la velocidad del viento. Las erupciones con un gran volumen de tefra causará que se acumule una nítida capa de ceniza. La distribución espacial de la acumulación de ceniza tiene generalmente la forma de un lóbulo que es más grueso directamente detrás del volcán en la dirección a favor del viento y es más delgado hacia sus bordes, el espesor disminuye a medida que aumenta la distancia desde el volcán. La tefra puede poner en peligro la vida y dañar propiedades a considerables distancias de un volcán al formar un manto en la superficie del terreno y al contaminar el aire con partículas abrasivas y ácidos corrosivos. Cerca de un volcán, la gente puede resultar herida o muerta al respirar un aire cargado de tefra, el daño a la propiedad es causado por el peso de la tefra y por sus efectos abrasivos y de sofocación.

Los fragmentos calientes y los, gases pueden ser expulsados lateralmente a alta velocidad desde volcanes explosivos y pueden ser extremadamente peligrosos. Las explosiones laterales, comúnmente, dejan depósitos que son de más de 1 ó 2 metros de espesor cerca de su origen, estos depósitos se adelgazan rápidamente a medida que aumenta la distancia desde el origen. Generalmente, no se extienden más allá de unos pocos kilómetros, pero, ocasionalmente una explosión puede llegar hasta 25 kilómetros. Las explosiones laterales ponen en peligro a la gente, principalmente, por su calor, por los fragmentos que acarrea y por las altas velocidades, que no ofrecería tiempo suficiente para arrancar de ellas o para encontrar refugio adecuado. El daño a las estructuras resulta principalmente de los impactos y del "viento" a alta velocidad. El fenómeno de explosión lateral puede graduar hacia afuera a flujos piroclásticos que se desplazan hacia abajo sobre los flancos. Los efectos de los dos eventos son similares.

Los flujos piroclásticos son masas de trozos de rocas secas que se mueven como un fluido. Deben su movilidad al aire caliente y otros gases que están mezclados con los trozos. A menudo, forman grandes masas de fragmentos de rocas, calientes que son repentinamente arrojados sobre los flancos del volcán. Los flujos piroclásticos se mueven ladera abajo a velocidades de hasta 160 kilómetros por hora y tienden a seguir y enterrar el piso de los valles.

Generalmente se elevan nubes calientes de polvo desde la parte basal gruesa del flujo y pueden cubrir las áreas adyacentes, especialmente a favor del viento. Debido a su gran movilidad, los flujos piroclásticos pueden afectar áreas ubicadas a 25 o más kilómetros de distancia. Las pérdidas principales provocadas por un flujo piroclástico son causadas por el veloz flujo basal de rocas calientes, las que pueden enterrar e incinerar todo lo que encuentren en su camino, y por el acompañamiento de la nube de polvo y gases calientes, los que se pueden extender más allá del flujo basal y causar la asfixia y la quemadura de los pulmones y de la piel.

Los flujos de barro son masas de trozos de rocas saturadas de agua que se desplazan pendiente abajo de una forma similar al flujo de concreto húmedo. Los trozos de roca se derivan, normalmente, de masas de rocas sueltas inestables que se depositan en las laderas de un volcán en las erupciones explosivas, el agua es provista por la lluvia, nieve derretida, un lago en el cráter o un lago adyacente al volcán. La velocidad de los flujos de barro depende principalmente de su fluidez y de la pendiente del terreno, a veces se mueven hasta a 80 kilómetros o más por el fondo de los valles a velocidades que exceden 3,5 kilómetros por hora. Los flujos de barro pueden alcanzar aun mayores distancias que los flujos de piroclastos, alrededor de 90 kilómetros desde sus orígenes. El principal riesgo para el hombre es el enterramiento. Las estructuras pueden ser enterradas o arrancadas por el inmenso poder del flujo de barro.

Los flujos de lava generalmente son tranquilos, aunque a menudo están precedidas por actividad volcánica explosiva. En forma típica, los flujos de lava aparecen sólo después que una erupción a estado en progreso durante horas, días o unas pocas semanas. Los frentes de los flujos, de lava avanzan normalmente a velocidades que varían desde apenas perceptibles hasta a la de una persona caminando. Los flujos de lava típicamente no causan daño directo a la vida humana, pero generalmente causan destrucción total en las áreas que cubren. Los flujos de lava que se extienden hacia áreas con nieve, pueden derretirla y causar inundaciones y flujos de barro; los que se extienden hacia áreas con vegetación pueden causar incendios. En los grandes volcanes de cráter central los flujos de lava son generalmente cortos; por lo tanto, las zonas de riesgo de flujos de lava incluyen sólo los flancos del volcán y los primeros 2 ó 3 kilómetros de los valles y cuencas adyacentes.

B) RESUMEN DEL CAPÍTULO

- La mayor parte de los sismos son el resultado del movimiento de rocas a lo largo de una falla.
- La mayor parte de los sismos ocurre cerca de las fronteras de placas.
- Los números de la escala Richter indican la fuerza o energía de un sismo.
- Las ondas P, S y L conducen energía desde el foco de un sismo en todas direcciones.
- Los sismógrafos detectan y registran las ondas sísmicas.
- Las rocas se forman dentro de la Tierra y sobre su superficie debido a la actividad volcánica.
- La mayor parte de la actividad volcánica sobre la superficie de la Tierra está cerca de las fronteras de placas.
- Dependiendo de la cantidad de actividad volcánica, un volcán es llamado activo, durmiente o extinguido.
- Los conos de ceniza, conos escudos, conos compuestos y los domos volcánicos son diferentes tipos de volcanes.

C) PREGUNTAS/PROBLEMAS

1. ¿Qué causa los sismos en el medio de una placa?
2. Explica qué significa un sismo de foco profundo.
3. ¿Por qué los científicos piensan que el núcleo externo de la Tierra es líquido?
4. ¿Qué causa que los volcanes ocurran en arcos de islas?
5. Enumera cuatro señales que podrían ayudar a los científicos a predecir un sismo.
6. ¿Cómo se puede decir que una falla libera energía?
7. ¿Dónde ocurren la mayoría de los sismos de foco profundo?
8. ¿Qué aumento de energía representa el aumento de un número en la escala de, Richter?
9. ¿Dónde ocurrieron los terremotos más fuertes que se han registrado?
10. ¿Cuáles son las dos ondas sísmicas que se propagan a través de la Tierra?

11. ¿Por qué los científicos necesitan la lectura de tres sismógrafos para ubicar un sismo?
12. ¿Qué podría indicar el frenamiento de las ondas P?
13. ¿Qué es un batolito?
14. ¿Qué es una fisura en la tierra?
15. ¿Cómo se forma un arco isla?
16. ¿Qué es un volcán extinguido?
17. ¿Cuál de los conos volcánicos no tiene laderas escarpadas?

D) CUESTIONARIO DEL CAPÍTULO

A. Vocabulario. En los paréntesis del margen izquierdo, coloca la letra de la Columna II que corresponda al término definido en la Columna I.

Columna I

1. () un volcán que no ha estado en erupción recientemente.
2. () una serie de pequeños sismos que siguen a uno grande.
3. () un volcán que no se espera que entre en erupción de nuevo.
4. () la forma en que la energía viaja a través de la Tierra.
5. () el punto sobre la superficie de la Tierra que está sobre el foco de un sismo.
6. () un instrumento que detecta ondas sísmicas de sismos lejanos.
7. () actividad volcánica que ocurre en la superficie de la Tierra.
8. () el punto en la Tierra donde está centrado un sismo.
9. () la masa de roca intrusiva más grande.

Columna II

- a. réplica
- b. batolito
- c. durmiente
- d. epicentro
- e. extinguido
- f. extrusiva
- g. foco
- h. ondas sísmicas
- i. sismógrafo
- j. lacolito

B. Selección múltiple. Marca con una cruz la letra que mejor complete la frase o responda la pregunta.

1. Para ubicar el epicentro de un sismo, los científicos necesitan al menos:
 - a) el informe de un sismógrafo
 - b) el informe de dos sismógrafos
 - c) el informe de tres sismógrafos
 - d) el informe de cuatro sismógrafos
2. La masa de roca intrusiva con forma de hongo es:
 - a) lacolito
 - b) bolsada
 - c) manto
 - d) domo volcánico
3. La mayor parte del magma llega a la superficie:
 - a) en las fosas
 - b) en las cordilleras meso-oceánicas
 - c) en las fallas
 - d) en los arcos de islas
4. Cuando corteza oceánica antigua se mueve bajo corteza oceánica más joven, los volcanes resultantes:
 - a) son basaltos de inundación
 - b) son cadenas continentales de volcanes
 - c) son nuevo piso oceánico
 - d) están sobre arcos de islas
5. Los volcanes compuestos de capas alternadas de ceniza volcánica y lava son:
 - a) conos compuestos
 - b) conos de ceniza
 - c) volcanes escudo
 - d) domos volcánicos
6. Una grieta en el suelo a través de la cual fluye la lava es:
 - a) una fosa
 - b) una fisura
 - c) un domo
 - d) un manto

CAPÍTULO 4

TSUNAMIS O MAREMOTOS

La Tierra, en forma similar a un reptil con armadura, está cubierta de enormes planchas rocosas que, derivan sobre el material más denso del manto, planchas que están siendo destruidas y renovadas constantemente en los procesos de la "tectónica de placas" que vimos en capítulos anteriores. En ninguna parte son estos procesos más evidentes que a lo largo del cinturón de frecuentes sismos y erupciones volcánicas que bordean el Océano Pacífico.

Y estos sismos, la descendencia destructora de fuerzas más grandes que modelan y remodelan el planeta Tierra, tienen su propia descendencia oceánica destructora, las grandes ondas del Océano Pacífico.

Cada isla y asentamiento costero en el área del Océano Pacífico, es vulnerable al ataque de estas grandes ondas.

Diversos nombres se le han dado en diferentes idiomas. Los japoneses, cuyas islas han sentido su poder destructivo durante muchos años, nos dieron el nombre utilizado internacionalmente: tsunami.

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

1. Describir las ondas de tsunami.
2. Explicar el origen del nombre, del fenómeno.
3. Definir el o los mecanismos de generación.
4. Definir las transformaciones de un tsunami a lo largo de su camino desde el área de origen.
5. Describir la propagación de un tsunami.
6. Describir los efectos costeros de un tsunami.
7. Describir el Sistema de Alarma de Tsunami.

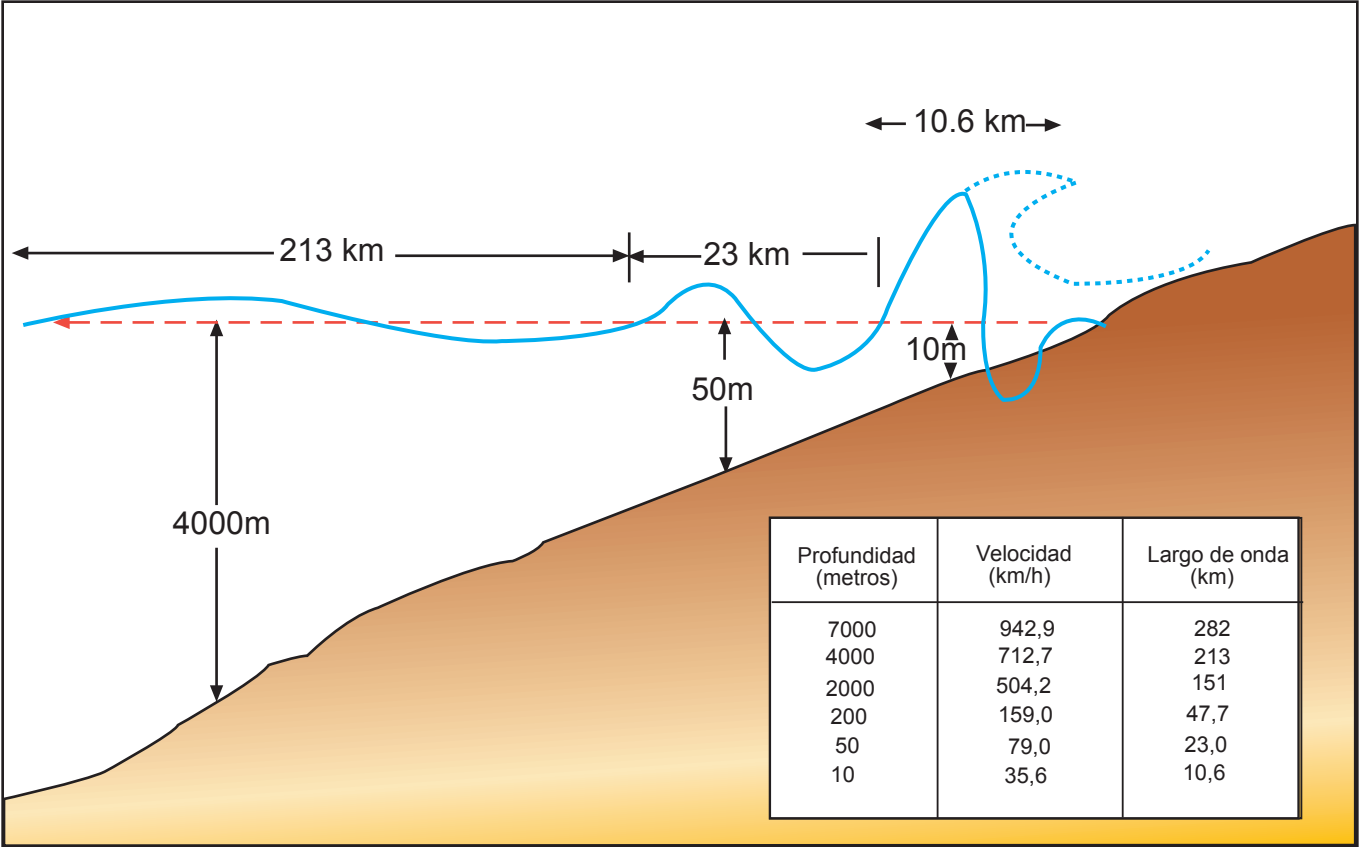
4.1 ¿QUÉ ES UN TSUNAMI?

A diferencia de los relatos exagerados o de ficción, un tsunami no es una monstruosa muralla de agua que se alza misteriosamente de la nada para atrapar barcos y comunidades costeras. Sin embargo, es una de las fuerzas de la naturaleza más imponentes y se expresa como una serie de ondas en el mar capaces de desplazarse a través de un océano completo con velocidades de hasta 900 km por hora.

En el mar profundo, las ondas de tsunami son de menos de 60 cm de alto, ni aun perceptibles desde barcos o aviones. Sin embargo su largo es a menudo mayor de 160 km, mucho mayor que la profundidad del agua por la que viajan, por esta razón se las denomina ondas de aguas someras.

No hay tal cosa como un tsunami típico. Cada uno es diferente. Aun así, los tsunamis son únicos, como un todo, por la cantidad de energía que contienen, inclusive en comparación con las más poderosas olas generadas por el viento.

Un tsunami "siente el fondo" aun en el océano más profundo, y parece que el avance de esta serie imperceptible de ondas representa el movimiento de toda la sección vertical del océano a través del cual pasa el tsunami.



Transformación de ondas de Tsunami

A medida que el tsunami entra en las aguas menos profundas de las líneas costeras en su camino, la velocidad de sus ondas disminuye y aumenta su altura, tal como se ve en la figura.

La llegada de un tsunami es a menudo precedida (pero, no siempre) por un receso gradual de las aguas costeras, cuando el seno de la onda precede a la primera cresta; o por un ascenso del nivel del agua de alrededor de la mitad de la amplitud del receso subsecuente. Esta es la alerta natural de que ondas de tsunami más severas se están aproximando. Es una alerta que debe ser tomada en cuenta, ya que las ondas de tsunami pueden alcanzar alturas de 30 metros, y atacar con una fuerza devastadora.

¿SABÍAS QUE ..?

La palabra tsunami es de origen japonés. Dividida en dos, "tsu" significa bahía y "nami" significa onda.

Los científicos japoneses fueron los primeros en llevar a cabo estudios especializados sobre los tsunamis. Su costa Este recibe la mayor actividad de ellos en el mundo, lo cual probablemente explica por qué la palabra japonesa fue adoptada internacionalmente.

Otras palabras menos usadas para tsunami son:

- flutwellen (alemán)
- vloedgolven (holandés)
- hai-i (chino)
- maremoto (español)
- vagues sismiques (francés)
- tidal waves (inglés)
- seismic sea waves (inglés)

4.2 GENERACIÓN DE UN TSUNAMI

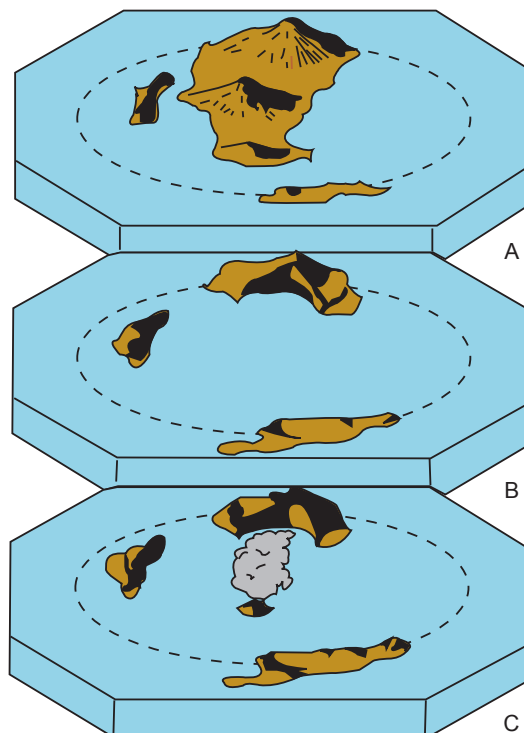
Las perturbaciones naturales como terremotos, erupciones volcánicas y derrumbes submarinos, pueden generar tsunamis. Perturbaciones provocadas por el hombre, tales como las explosiones atómicas bajo el agua, en 1946, pueden también gatillar las poderosas ondas. Pero, la causa más frecuente son los terremotos.

TSUNAMI GENERADO POR UN VOLCÁN

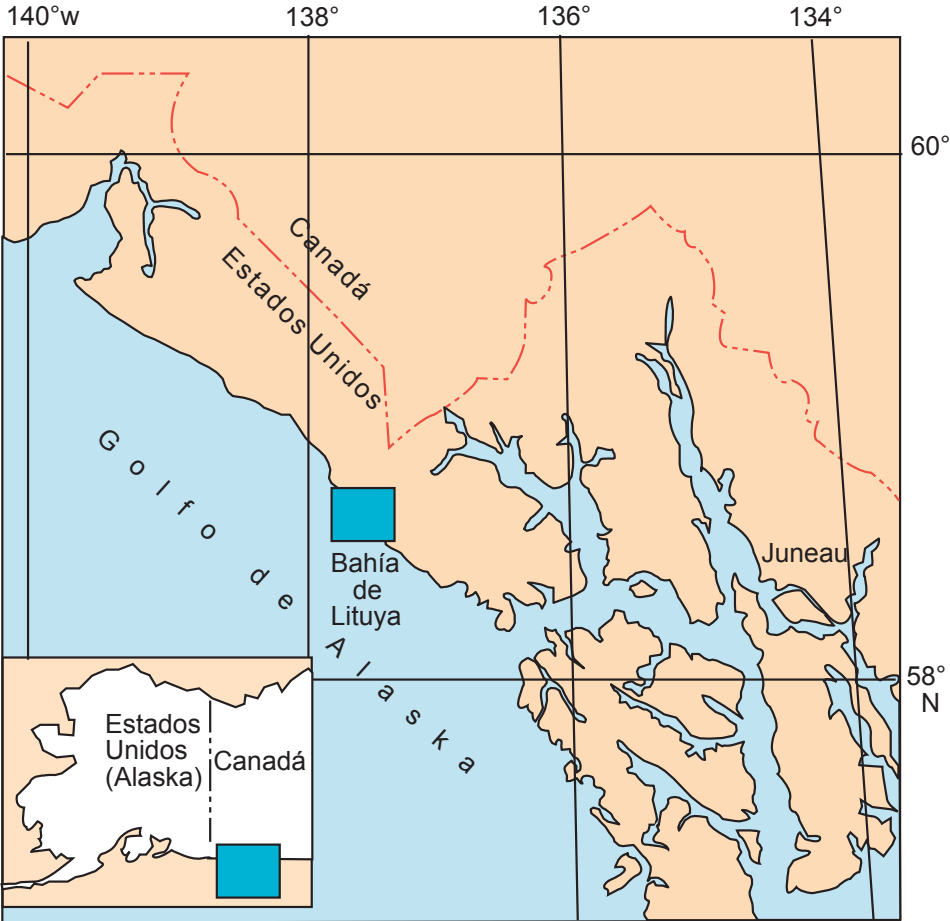


Ubicación de Isla Krakatoa

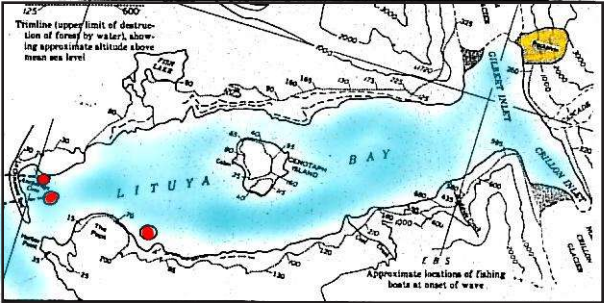
En 1883, una serie de erupciones volcánicas en Krakatoa, Indonesia, crearon un poderoso tsunami. A medida que avanzaba sobre las islas de Java y Sumatra hundió más de 5.000 botes y asoló muchas islas pequeñas. Olas tan altas como un edificio de 12 pisos aniquilaron cerca de 300 aldeas y mataron más de 36.000 personas. Los científicos creen que las ondas sonoras generadas por las explosiones dieron vuelta alrededor de la Tierra dos o tres veces.



Evolución isla Krakatoa durante erupción de 1883.



Ubicación de la Bahía Lituya



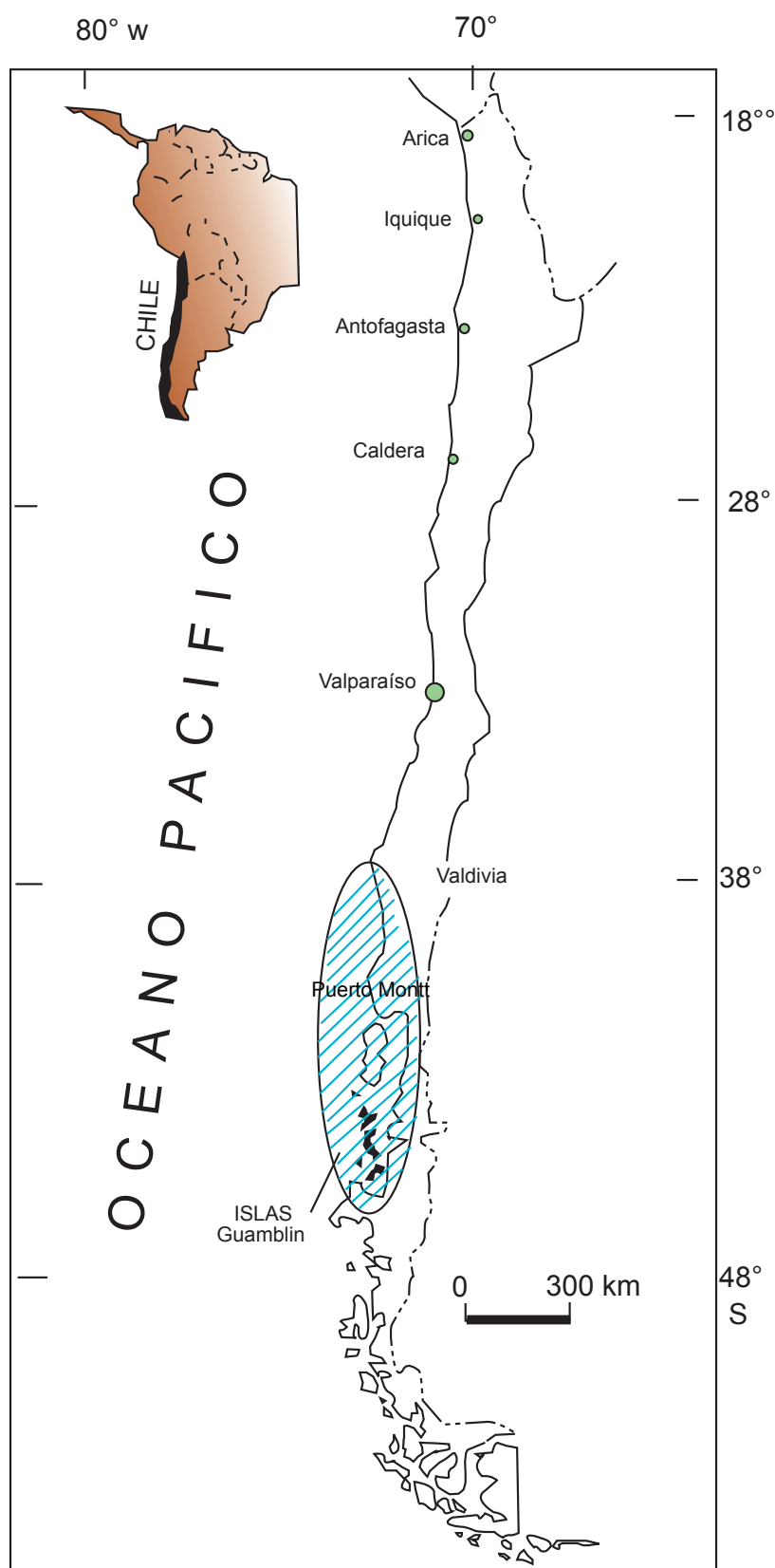
Bahía Lituya

TSUNAMI GENERADO POR UN TERREMOTO

El tsunami más destructivo de la historia más reciente fue generado a lo largo de la costa de Chile, por un terremoto ocurrido el 22 de mayo de 1960.

No se puede precisar con exactitud el daño y muertos atribuibles o que se pudieran dar en este tsunami a lo largo de la costa de Chile. Sin embargo, todos los pueblos costeros entre los 36 y 44 de latitud sur fueron destruidos o dañados fuertemente por la acción de las ondas de tsunami y el sismo. La combinación doble del tsunami y terremoto produjo en Chile 2.000 muertos, 3.000 heridos, dos millones de damnificados y 550 millones de dólares en daños. El tsunami causó 61 muertos en Hawaii, 20 en las Filipinas, 3 en Okinawa y 100 o más en Japón.

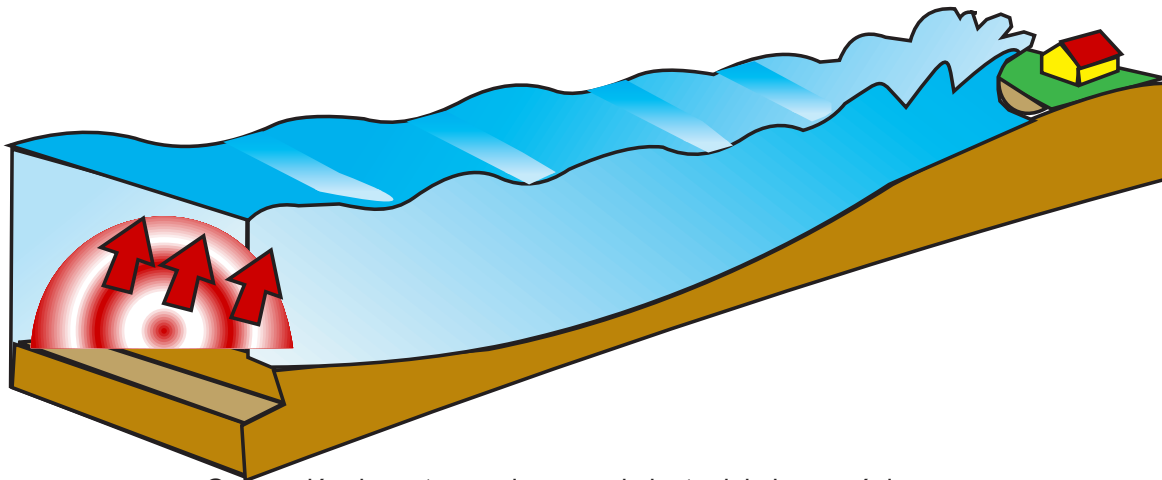
Los daños estimados fueron de 50 millones de dólares en Japón, 24 millones de dólares en Hawaii y un millón de dólares a lo largo de la costa de los EE.UU. Las alturas de las olas variaron entre 13 metros en las Islas Pitcairn, -12 metros en Hilo, Hawaii, 7 metros en varios lugares de Japón y oscilaciones leves en otras áreas.



Zona afectada por el maremoto del 22 de mayo de 1960

4.3 MECANISMOS DE GENERACIÓN DE UN TSUNAMI.

El pensamiento corriente, es que, los tsunamis son generados por un repentino movimiento vertical del piso oceánico, a lo largo de fallas durante los sismos mayores, como se observa en la figura.



Generación de un tsunami por movimiento del piso oceánico.

En el caso de terremotos submarinos, el mecanismo de generación de las ondas de tsunami es el siguiente: cuando ocurre el terremoto se produce un notorio desplazamiento de la corteza oceánica bajo la placa continental; en esta situación se puede producir un repentino desplazamiento vertical del piso oceánico hacia arriba o hacia abajo. El nivel del mar dentro del área de deformación mostrará una deformación similar, pero mientras la deformación del piso oceánico puede mantenerse en forma permanente, no sucede lo mismo con la superficie del mar. La vuelta del nivel del mar a su posición normal genera una serie de ondas que se propagan en todas direcciones, a partir de la zona inicialmente deformada.

Aunque, los sismos que ocurren a lo largo de fallas de desplazamiento horizontal generan a veces tsunamis, ellos son locales y, generalmente, no se propagan a grandes distancias. Hay autores que señalaron que sismos mayores que ocurrieron a lo largo de fallas de desplazamiento horizontal, cerca de las costas de Alaska y la Columbia Británica, Canadá, generaron tsunamis que fueron observables a distancias no superiores a 100 km.

Como ya se señaló, la mayor parte de los tsunamis ocurren después de un gran terremoto de foco superficial bajo el mar. Sin embargo, hay un número de ejemplos donde el terremoto (que produjo el tsunami) ocurrió tierra adentro. A partir de esto, se debe deducir que los tsunamis pueden ser generados ya sea por cambios del fondo del mar (fallamiento) o por ondas sísmicas superficiales que pasan a través de la somera plataforma continental. Las ondas sísmicas superficiales de período largo (las llamadas ondas Rayleigh) tienen una componente vertical y transmiten una buena cantidad de

4.4 PROPAGACIÓN DEL TSUNAMI

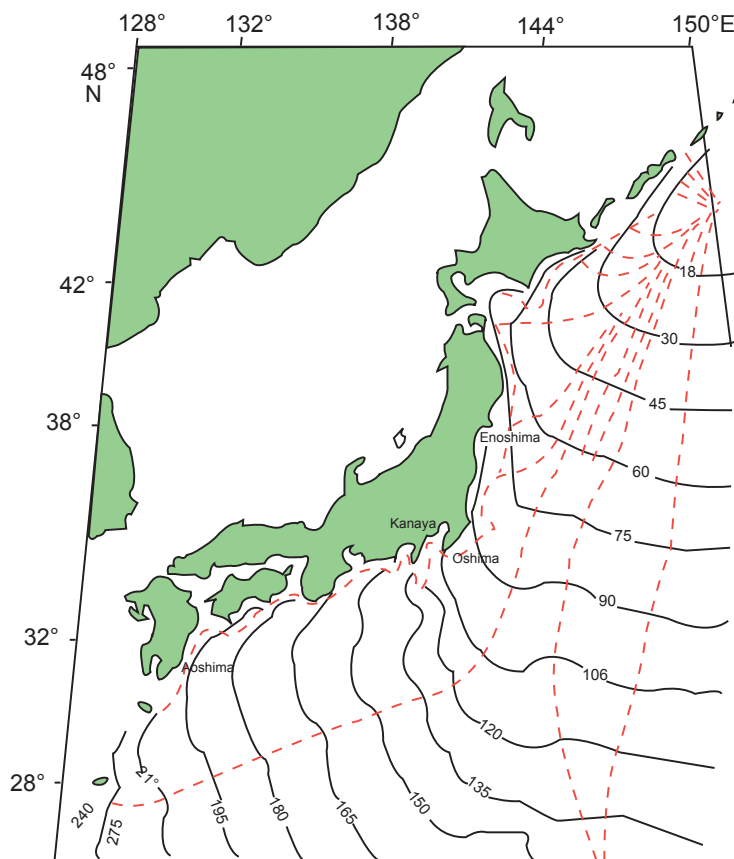
La velocidad con la cual viaja un tsunami depende de la profundidad del agua por la cual se desplaza. Si la profundidad del agua disminuye, la velocidad de propagación del tsunami hace lo mismo. En el medio del Pacífico, donde las profundidades del mar alcanzan 4,5 kilómetros, las velocidades del tsunami pueden ser superiores a 700 kilómetros por hora.

A continuación, se considerarán algunos conceptos generales respecto a la refracción y la difracción de ondas en el agua. Estos fenómenos son importantes para el problema de la propagación de un tsunami.

- **REFRACCIÓN DE ONDAS:** Considera una serie de ondas progresivas cuyos largos de onda son mucho más grandes que las profundidades del mar sobre las cuales se propagan; estas son denominadas ondas de aguas someras u ondas largas.

Debido a que las ondas son largas, partes distintas de una onda pueden estar sobre profundidades muy diferentes en un momento dado (especial mente en áreas costeras).

Como la profundidad determina la velocidad de las ondas largas, partes diferentes viajarán con diferentes velocidades, provocando que las ondas se curven, lo cual es llamado refracción de ondas.



Ejemplo de refracción de ondas.

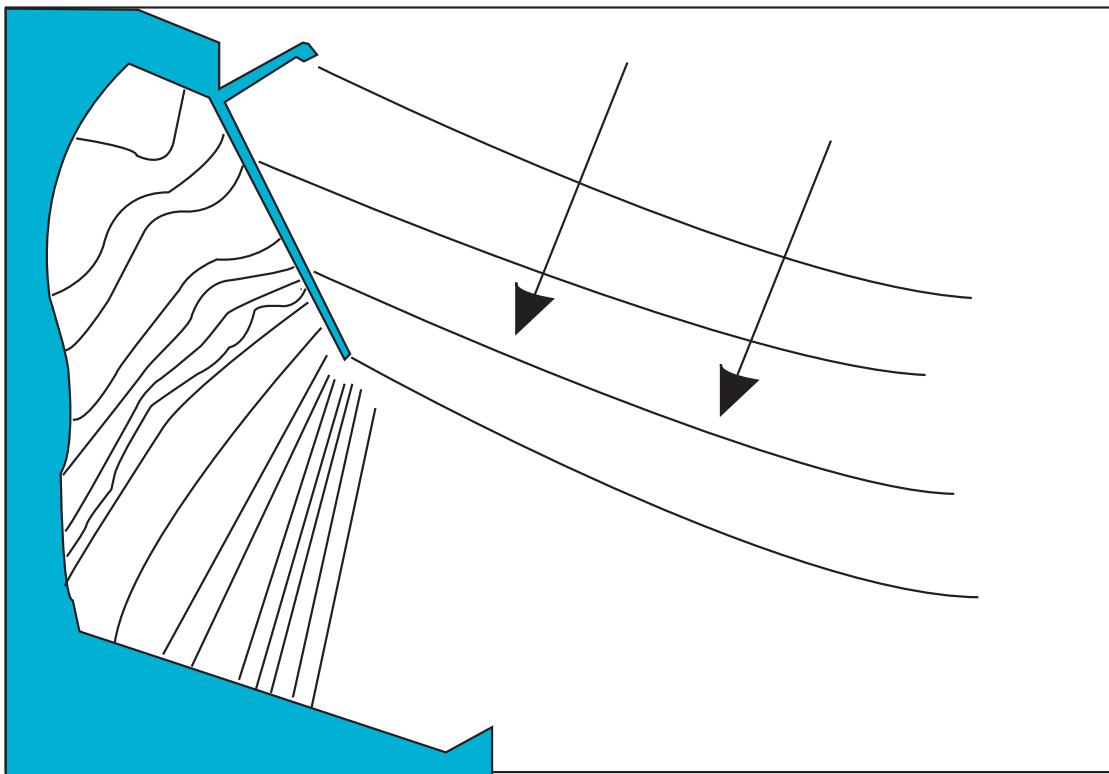
DIFRACCIÓN DE ONDAS EN EL AGUA: La difracción es un fenómeno bien conocido, especialmente en óptica y acústica. Aunque se aplican más o menos los mismos principios en hidrodinámica, en términos generales será conveniente definir la difracción de ondas en el agua tal como se entiende en ingeniería costera:

Considera un sistema de ondas interrumpido por una estructura similar a un rompeolas. La parte de las ondas que incide en la estructura será reflejada, mientras que la porción que se mueve más allá del extremo del rompeolas será el

origen de un flujo de energía en la dirección a lo largo de la cresta de la onda y dentro de la región a sotavento de la estructura.

La "cola" de la onda actuará de alguna forma como una fuente potencial, y la onda a sotavento del rompeolas se esparcirá aproximadamente en un arco circular con una amplitud que disminuirá en forma exponencial a lo largo de su arco.

Este fenómeno físico es el denominado como difracción.



Ejemplo de difracción de olas.

• TSUNAMIS GENERADOS A GRAN DISTANCIA

Cuando un tsunami viaja una gran distancia a través de los océanos, se debe considerar la esfericidad de la Tierra para determinar los efectos del tsunami sobre una costa lejana. Las ondas que divergen cerca de su origen, convergerán nuevamente en un punto ubicado en el lado opuesto del océano. Un ejemplo de esto fue el tsunami de 1960, cuyo origen estuvo en la costa Sur de Chile, en latitud $39,5^{\circ}$ S, y longitud $74,5^{\circ}$ W. La costa de Japón está entre las latitudes 30° y 45° N y longitudes entre 135° y 140° E, una diferencia de 145 a 150 grados de longitud desde el área origen. Como resultado de la convergencia de rayos sin refractar, la costa de Japón sufrió daños importantes y ocurrieron muchas muertes. La figura siguiente ilustra la convergencia de los rayos de las ondas de tsunami, debida a la esfericidad de la Tierra.



Convergencia de los rayos de ondas del tsunami generado por el terremoto de Valdivia (Chile) en 1960.

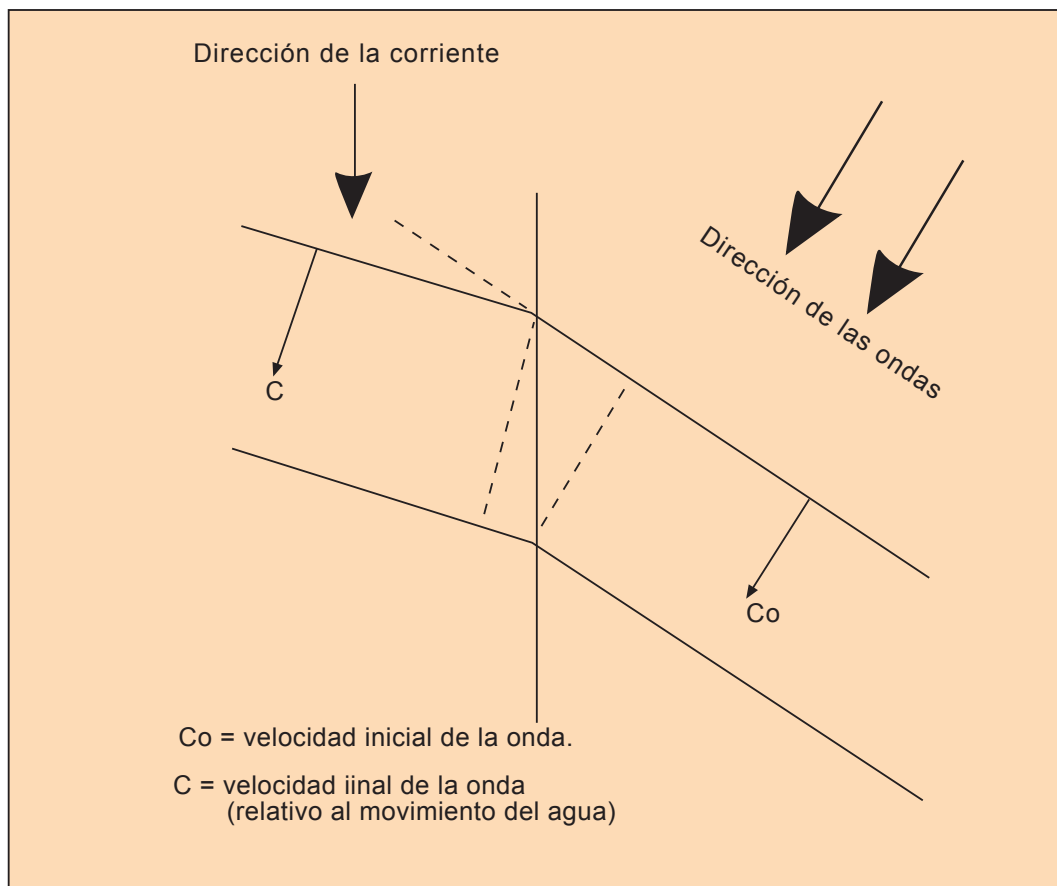
Además del efecto ya mencionado, los rayos de las ondas de tsunami son desviados de su trayectoria natural a lo largo de círculos máximos, debido a la refracción de los rayos provocada por diferencias de profundidad, desplazándolos hacia trayectorias dadas por los lugares más profundos.

Hay otros mecanismos que causan la refracción de ondas en el agua, aun en aguas profundas y sin haber irregularidades topográficas. Ha sido demostrado que una corriente que se desplace en forma oblicua a las ondas, puede cambiar la dirección de propagación de ellas y su largo de onda.

Modificación de la dirección de la onda por la presencia de una corriente.

A medida que un tsunami se aproxima a la línea de costa, las ondas son modificadas por los diversos rasgos que existen mar afuera y en la costa. Montañas sumergidas y arrecifes, plataformas continentales, promontorios, bahías de diferentes formas y la inclinación de la playa, pueden modificar el período y altura de la onda y pueden causar resonancia de ondas, energía de ondas reflejadas dando origen a la formación de olas que inundarán la línea de playa.

Las cordilleras oceánicas proporcionan muy poca protección a una línea de costa. Mientras que algo de energía en un tsunami podría reflejarse en una cordillera, la mayor parte de la energía será transmitida a través de la cordillera submarina. El tsunami de 1960, que se originó a lo largo de las costas del Sur de Chile, es un ejemplo de esto. Ese tsunami tuvo ondas de gran altura a lo largo de Japón, incluyendo Shikoku y Kyushu que quedan detrás de la Cordillera del Sur de Honshu.



Modificación de la dirección de la onda por la presencia de una corriente

• TSUNAMIS LOCALES

Durante la ocurrencia de un tsunami local, sus efectos son producidos muy poco después que terminan los efectos del fenómeno que produjo el tsunami (terremoto, erupción volcánica submarina o derrumbe). Se han observado lapsos tan pequeños como dos minutos entre la ocurrencia del terremoto y la llegada del tsunami a la costa más cercana.

Por esta razón, los sistemas de alarma de tsunami son inútiles en este, tipo de evento, y no debemos esperar instrucciones provenientes desde un sistema establecido para reaccionar y ponernos a salvo del impacto del posible tsunami. Esta incapacidad operativa de los sistemas de alarma de tsunami se ve aumentada más aún por el colapso de los sistemas y las comunicaciones generado por el terremoto local. Por esta razón, es necesario planificar en forma previa las reacciones personales pertinentes para mantenerse fuera de la zona de impacto del tsunami.

4.5 EFECTOS COSTEROS

La acción de las ondas de tsunami sobre una costa es variable y depende, principalmente de la combinación de topografía submarina y terrestre en el área y de la orientación de las ondas que estén llegando.

• ALTURA DE LAS ONDAS

La altura de las ondas también se ve afectada por la costa misma. El efecto de embudo de una bahía, por ejemplo, aumenta la altura de las ondas. Por otra parte, un bajo o una barra de arena mar afuera disminuye la altura. Esto explica las amplias variaciones de un tsunami que ocurren a lo largo de una costa.

• ASCENSO DE UN TSUNAMI (RUNUP) SOBRE UNA COSTA

La llegada de un tsunami a una línea costera causa un aumento en el nivel del agua que puede llegar hasta 30 metros o más en casos extremos, sobre el nivel habitual del mar. Aumentos del nivel del mar de 10 metros no son raros. Esta diferencia vertical del nivel del agua es llamada en inglés el runup del tsunami.

La altura de un tsunami variará desde un punto a otro a lo largo de la línea de costa. Las variaciones en la altura del tsunami y la topografía costera, provocarán realmente variaciones en las características del runup a lo largo de cualquier sección de la línea de costa.

Un ejemplo de lo extrema que puede ser esta variación ha sido dada por algunos científicos, para Haena, en la isla de Kauai, Hawaii, donde hubo un leve ascenso del nivel del agua en el lado occidental de la bahía, pero a menos de 2 kilómetros hacia el Este, las ondas impactaron sobre las costa, aplastando bosquecillos y destruyendo casas.

Debe destacarse que las características de las ondas pueden variar de una onda a la siguiente en el mismo lugar de la costa. Algunos científicos citan un caso en Hawaii donde las primeras ondas llegaron tan suavemente que un individuo fue capaz de avanzar con dificultad a través de aguas a la altura del pecho, mientras ellas ascendían. Las ondas posteriores fueron tan violentas, que destruyeron casas y dejaron una línea de despojos contra los árboles 150 metros tierra adentro.

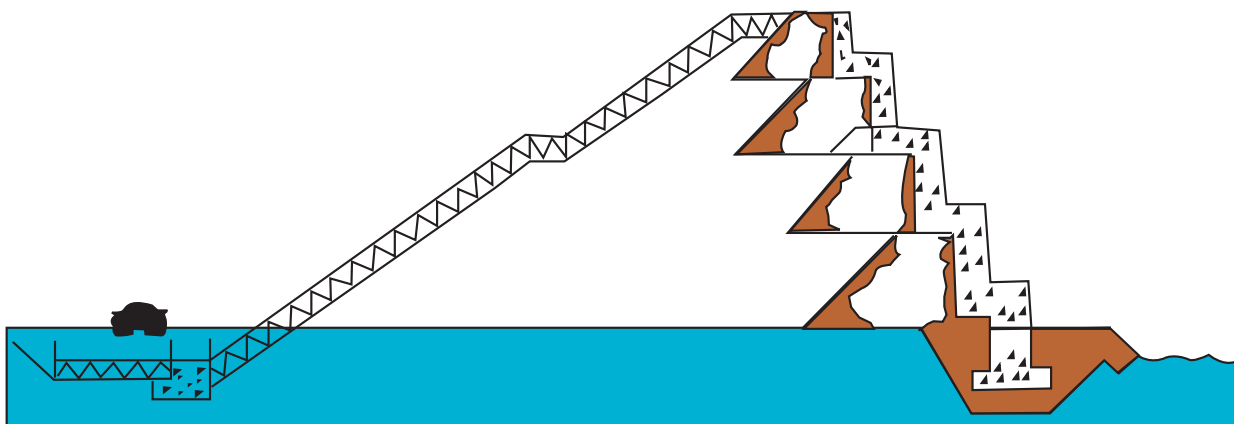
• IMPACTO DE UN TSUNAMI

La destrucción causada por los tsunamis proviene principalmente del impacto de las ondas, de la inundación y erosión de las fundaciones de los edificios, de los puentes y de los caminos. El daño se ve aumentado por los despojos flotantes y por los botes y automóviles que chocan con los edificios. Se agregan a esto fuertes corrientes, a veces asociadas con el tsunami, que liberan grandes troncos y embarcaciones ancladas.

Un daño adicional que puede producirse, proviene de incendios de derrames de combustibles relacionados con el tsunami y la consiguiente contaminación por estos derrames y por aguas de alcantarillas y productos químicos.

4.6 PROTECCIÓN CONTRA LOS TSUNAMIS

Es imposible proteger completamente cualquier costa de la furia de los tsunamis. Algunos países han construido rompeolas, diques y varias otras estructuras para tratar de debilitar la fuerza de los tsunamis y para reducir su altura. En Japón, los ingenieros han construido enormes terraplenes para proteger los puertos y rompeolas para angostar las bocas de las bahías en un esfuerzo para desviar o reducir la energía de las poderosas ondas.



Tipo de rompeola diseñado como defensa contra tsunamis.

Pero ninguna estructura defensiva ha sido capaz de proteger las costas bajas. En efecto, las barreras pueden aumentar la destrucción si son sobrepasadas por el tsunami, lanzando trozos de cemento como proyectiles.

En algunos casos, los árboles pueden ofrecer algo de protección contra el embate de un tsunami. Las arboledas solas o como complemento a estructuras de protección costera, pueden disipar la energía del tsunami y reducir su altura.

4.7 EL SISTEMA DE ALARMA DE TSUNAMI

• OBJETIVO

El objetivo operacional del Sistema de Alarma de Tsunami (SAT) en el Pacífico es detectar y ubicar los terremotos ocurridos en la Región del Pacífico, determinar si ellos han generado tsunami, y proporcionar información de tsunami y alarmas en forma oportuna y efectiva a la población del Pacífico para minimizar los peligros del tsunami, especialmente sobre la vida y el bienestar de los seres humanos. Para lograr este objetivo, el SAT monitorea en forma continua la actividad sísmica y el nivel de la superficie del océano en la Cuenca del Pacífico.

• DESCRIPCIÓN

El SAT es un programa internacional que requiere la participación de muchas instalaciones sísmicas, de marcas, de comunicaciones y de difusión operadas por la mayor parte de las naciones alrededor del Océano Pacífico. Administrativamente, las naciones participantes están organizadas bajo la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) como el Grupo Internacional de Coordinación para el Sistema de Alarma de Tsunami en el Pacífico (GIC/ITSU).



Estaciones sismológicas y de marea del Sistema de Alarma de Tsunami en el Pacífico.

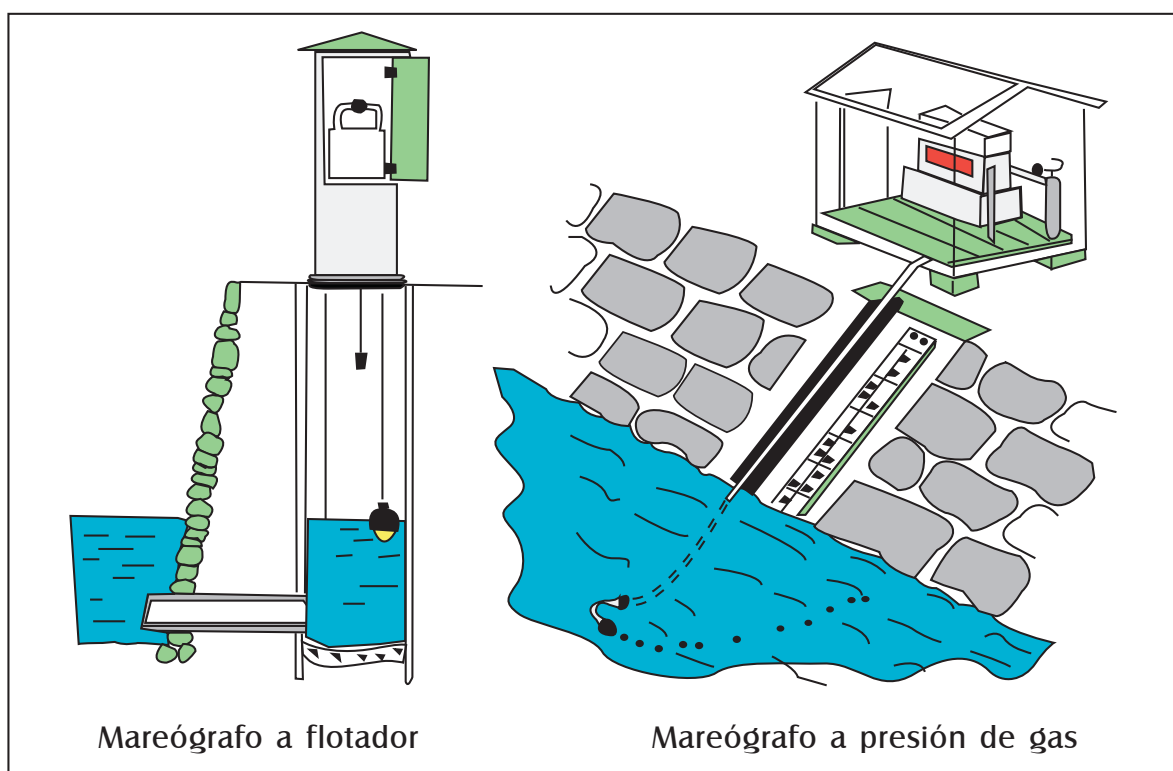
El Centro Internacional de Información de Tsunamis (ITIC) fue establecido a petición de la COI y tiene entre sus roles el ayudar a los estados miembros del GIC/ITSU a mitigar los efectos de los tsunamis a través del Pacífico.

El Centro de Alarma de, Tsunami del Pacífico (PTWC) sirve como el centro operativo para el Sistema de Alarma de Tsunami del Pacífico.

El PTWC recolecta y evalúa los datos proporcionados por los países participantes y disemina los boletines informativos apropiados a todos los participantes respecto a la ocurrencia de un sismo importante, y la generación posible o confirmada de un tsunami.

• PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES

El funcionamiento del Sistema comienza con la detección, en cualquier observatorio participante, de un sismo de tamaño suficiente como para activar la alarma adjunta al sismógrafo de esa estación. El personal de la estación interpreta inmediatamente sus sismogramas y envía sus lecturas al PTWC. Al recibo de un informe proveniente de uno de, los observatorios sismológicos participantes, o como consecuencia de la activación de su propia alarma sísmica, el PTWC envía mensajes solicitando datos a otros observatorios en el Sistema.



Instalaciones típicas de mareógrafos.

Cuando el PTWC haya recibido datos suficientes para ubicar el sismo y calcular su magnitud, se toma una decisión respecto a acciones posteriores. Si el sismo es lo suficientemente grande

como para causar un tsunami y está localizado en un área donde es posible su generación, el PTWC solicitará que las estaciones mareográficas ubicadas cerca del epicentro, revisen sus registros en busca de, evidencias del tsunami.

Se difunden Boletines de Alarma/Alerta de Tsunami a las agencias de difusión en caso de sismos de magnitudes superiores a 7,5 (mayores a 7,0 en la región de las islas Aleutianas), alertando acerca de la posibilidad de que haya sido generado un tsunami y proporcionando datos que pueden ser traspasados al público, de tal manera que puedan tomar precauciones preliminares.

Se evalúan los informes recibidos de las estaciones mareográficas; si ellos muestran que se ha generado un tsunami que puede afectar a la población en parte o en la totalidad del Pacífico, la emisión del Boletín de Alarma /Alerta de Tsunami se extiende o mejora a la totalidad del Pacífico. Entonces, las agencias de difusión implementan planes previamente establecidos para la evacuación de la gente de los lugares peligrosos. Si el informe de la estación mareográfica indica que se ha generado un pequeño tsunami o ninguno, el PTWC disemina una cancelación de su Alarma/Alerta de Tsunami previa.

En algunas áreas de la Cuenca del Pacífico, existen sistemas nacionales o regionales de alarma de tsunami para proporcionar información y alarmas de tsunami efectivas y oportunas a las poblaciones afectadas. Para aquellas zonas costeras más próximas al área origen, es obvia la necesidad para un rápido manejo de los datos y de, las comunicaciones. Debido al tiempo que se gasta en recolectar los datos sísmicos y de marca, las alarmas proporcionadas por el PTWC no pueden proteger todas las áreas en el Pacífico contra los tsunamis generados en aguas adyacentes. Para proporcionar algún grado de protección, dentro de la primera hora después de la generación para tsunamis en el área local, se han establecido sistemas de alarma de tsunami nacionales y regionales en algunos países, incluido el nuestro. Los sistemas regionales proporcionan la alerta más temprana posible a la población, dentro de la vecindad inmediata al epicentro del sismo, al diseminar alarmas inmediatas basadas en la información del sismo, sin esperar la confirmación del tsunami.

Para funcionar de manera efectiva, estos centros regionales, generalmente, tienen datos de varias estaciones sísmicas y de mareas que envían sus datos por enlaces de microondas a una oficina central. Los sismos locales son normalmente localizados en 15 minutos o menos, y se difunde una alarma basada solamente en la evidencia sismológica a la población del área. Ya que la alarma es proporcionada sólo en base a datos sísmicos, se puede anticipar que ocasionalmente se entregarán alarmas cuando no se ha generado un tsunami. Como la alarma ha sido entregada sólo a áreas restringidas y la confirmación de la existencia o no existencia de un tsunami es obtenida rápidamente, se logra un nivel más alto de protección.

Entre los sistemas nacionales más sofisticados están los de Japón, Francia, la ex Unión Soviética y los Estados Unidos de América. En este último país, el PTWC tiene una responsabilidad como el Centro Nacional de Alarma de Tsunami de proporcionar servicios de alarma de tsunami para el caso de cualquier tsunami que impacte los intereses nacionales de los EEUU. Además, el PTWC actúa como el Centro Regional de Alarma de Tsunami de Hawái para aquellos tsunamis generados dentro de las Islas Hawaianas.

A) REPORTAJES

• DOS TSUNAMIS DEL PASADO

(Extractado de DISCOVER / Agosto 1983)

Probablemente, el mayor tsunami de todos los tiempos está encubierto en los mitos de la Antigüedad. Nació alrededor de 1450 AC. En las islas de Thera, en el sudeste de Grecia. En ese lugar floreció una brillante ciudad real de la civilización Minoana, hasta que un día el volcán de Thera explotó, arrojando la mayor parte de la isla al aire. Algunos eruditos han especulado que el tsunami resultante puede haber inspirado la historia de la partición del Mar Rojo hecha por Moisés, y la muerte de Thera puede haber sido la base objetiva para la fábula de la Atlántida relatada más tarde por Platón.

Un tsunami gigantesco acompañó el catastrófico terremoto de Lisboa del 1 de Noviembre de 1755. El sismo estuvo aparentemente centrado en el piso oceánico al oeste de Lisboa. Las ondas de tsunami y el terremoto mataron por lo menos 60.000 personas, muchas de las cuales se habían reunido en iglesias para celebrar el Día de Todos los Santos.

• CABALGANDO UN TSUNAMI

Por el Almirante L.G. Billings (U.S. Navy)

(Extractado de THE NATIONAL GEOGRAPHIC MAGAZINE, January 1915)

Es el propósito de este artículo el registrar una experiencia espeluznante en uno de los terremotos modernos, en el cual un buque de guerra de los Estados Unidos de América fue transportado sobre la cresta de una onda de tsunami 2 millas tierra adentro y asentado, completamente intacto, sobre la playa a 30 metros de los cerros.

En 1868, estaba destacado en el U.S.S. "Wateree", en aquella época en comisión en el Pacífico Sur - una clase de buque construido al término de nuestra Guerra Civil para subir por los angostos y tortuosos ríos del Sur. Tenía ruedas de propulsión en ambos extremos y era de fondo casi plano - una conformación que, mientras no contribuía a sus condiciones marineras, le permitía llevar una gran batería y una gran tripulación, lo que eventualmente salvó nuestras vidas en la catástrofe que pronto caería sobre nosotros.

En agosto de 1868, nos encontrábamos tranquilamente fondeados en la hermosa ciudad de Arica, adonde habíamos remolcado el viejo buque-almacén "Fredonia" arrancando de los estragos de la fiebre amarilla, que desolaba el Callao y Lima. Era el 8 de agosto de 1868, cuando cayó la calamidad sobre nosotros, como una tormenta a partir de un cielo despejado, inundándonos a todos nosotros en una ruina común.

Estaba sentado en la cabina con nuestro comandante, alrededor de las 4 de la tarde, cuando fuimos sorprendidos por un violento estremecimiento del buque, similar al efecto producido al soltar el ancla. Sabiendo que no podía ser eso, corrimos al puente. Mirando hacia la costa, nuestra atención fue inmediatamente atraída por una gran nube de polvo que se aproximaba rápidamente desde el sureste, mientras crecía en intensidad un terrible retumbo, y ante nuestros aterrorizados ojos los cerros parecía cabecear, y el terreno oscilaba como las olas cortas de un mar agitado. La nube envolvió Arica, instantáneamente a través de su velo impenetrable se elevaron gritos de auxilio, el crujido de casas derrumbándose, y los miles de ruidos provenientes de una gran calamidad, mientras el buque era sacudido como si fuera empuñado por una mano gigantesca; después pasó la nube.

A medida que el polvo se asentaba nos frotamos los ojos y mirábamos una y otra vez, creyendo que nuestros ojos nos engañaban; pues donde antes había una próspera y alegre ciudad, bullente de vida y actividad, contemplamos una masa de ruinas, apenas alguna casa en pie; ninguna perfecta; las calles bloqueadas con escombros, a través de los cuales forcejeaban frenéticamente los menos heridos tratando de zafarse de los desdichados miserables aprisionados en las ruinas de lo que fueron sus dichoso hogares; mientras el aire era desgarrado con quejidos, gritos y pedidos de auxilio. Por sobre todo este horror el Sol brillaba sin misericordia en un cielo sin nubes; el mar llegaba a la playa tan tranquilamente como antes ¿cuánto duró? Nadie tomó nota de la hora.

Con el fresco recuerdo en nuestras mentes del tsunami que siguió al terremoto de Santa Cruz y que encalló al "Monongahela", uno de nuestros mayores orgullos, en las calles, ansiosamente inspeccionábamos el mar buscando cualquier signo no habitual que presagiara la llegada de ese espantoso acompañamiento, pero todo estaba calmo y sereno como antes.

Sin embargo, nuestro prudente comandante dio las órdenes necesarias para prepararse para lo peor. Se lanzaron anclas adicionales, se cerraron la escotillas, se aseguraron los cañones, y se tendieron cuerdas de seguridad a la proa y a popa, y por unos pocos momentos todo se convirtió en una ordenada confusión de un bien disciplinado buque de guerra preparándose para entrar en acción. En pocos momentos estábamos preparados para cualquier emergencia.

Mirando nuevamente hacia la costa, vimos a los ilesos repletando la playa y el pequeño muelle, gritando a los buques que los ayudaran a desenterrar a sus seres queridos de las ruinas y que los transportaran a la seguridad aparente de los buques fondeados tan tranquilamente. Esto era más de lo que nosotros podíamos contemplar sin actuar; y se dieron órdenes para preparar una partida de desembarque de 40 hombres, debidamente equipados con herramientas. La ballenera, con una tripulación de 13 hombres, zarpó de inmediato. Llegó a la costa y desembarcó su tripulación, dejando solamente el acostumbrado hombre de guardia.

Nuestra atención se vio ahora distraída de la formación de nuestro grupo de trabajo por la aparición de un ronco murmullo. Mirando hacia la playa, con horror contemplamos que no había nadie en el muelle que antes estaba repleto de gente - todos devorados en un momento. Entre los despojos vimos la ballenera portando solamente al hombre de guardia, arrastrada por una irresistible marea hacia los faldeos del Morro, mientras el marinero luchaba con la corriente. Encontrando que sus esfuerzos eran vanos y convencido de que le aguardaba una muerte segura, abandonó su inútil timón, y corriendo a proa, empuñó la bandera del bote y dio un último adiós a sus compañeros, mientras el bote desaparecía para siempre en la espuma de las crueles rocas de la orilla. De esta forma el "Wateree" perdió el único miembro de su tripulación de 235 hombres en aquel aciago día.

Pero, nuestros problemas recién comenzaban. Fuimos sorprendidos por un terrible ruido en la costa que duró varios minutos. Nuevamente, la tierra oscilaba y en esta oportunidad el mar descendió hasta que el buque encalló, mientras que hacia el lado del mar hasta donde nuestra visión alcanzaba, vimos el fondo rocoso de mar, nunca antes expuesto a la mirada humana, con peces y monstruos de las profundidades que luchaban en seco. Los buques con fondo redondeado se inclinaron, mientras que el "Wateree" descansaba tranquilamente sobre su casco plano, cuando el mar retornó, no como una ola, sino más bien como una gigantesca marea, volcando una y otra vez en nuestros desafortunados navíos acompañantes, dejando algunos invertidos y a otros convertidos en una masa de ruinas, el "Wateree" se elevó tranquilamente sobre las agitadas aguas, ileso.

A partir de ese momento el mar pareció desafiarlas leyes de la naturaleza. Las corrientes corrían en direcciones opuestas, y nosotros fuimos arrastrados hacia todos lados con una velocidad que no podríamos haber igualado, aunque hubiéramos estado arrancando protegiendo nuestras vidas. A intervalos regulares retornaban los temblores, pero ninguno tan violento o largo como el primero.

En frente del Morro, y a una corta distancia de él, se alza un islote algunos metros por sobre le agua, donde los peruanos habían excavado un fuerte en la roca sólida y habían montado dos cañones de 15 pulgadas, con una dotación de 100 hombres. Estábamos a una corta distancia de este fuerte y temíamos ser arrojados contra sus rocosos costados, cuando repentinamente lo vimos desaparecer bajo las olas. Si se hundió o el agua se elevó, no lo podíamos decir; solamente sabíamos que desapareció; y cuando reapareció, después de un rato, como una gigantesca ballena, no solamente había desaparecido la dotación, sino también los cañones y los carros. Imagínese, si puede, cómo el agua elevó esas inmensas masas de fierro, que pesaban varias toneladas y fueron arrojadas de sus parapetos de 8 pies de altura. Es un problema que nunca se resolverá.

Antes del terremoto, Arica tenía una de las mejores y más modernas maestranzas entre el Callao y Valparaíso. Muchas maquinarias eran pesadas y estaban aseguradas en forma apropiada sobre fundaciones de cemento. Habían también varias locomotoras, coches, y muchas piezas fundidas de gran peso. Todo esto desapareció sin dejar ni un solo vestigio de ellas. Parecía imposible que hubieran sido arrojadas al mar; pero de seguro no pudieron ser encontradas en la costa.

Había oscurecido ya hace un rato y no sabíamos donde estábamos, agregando a nuestra confusión la ausencia de faro o luces costeras. Alrededor de las 8.30 PM, el vigía llegó al puente de mando e informó que se aproximaba una rompiente. Mirando hacia el mar, vimos primero una línea de luz fosforescente, que se vislumbraba cada vez más alta, hasta que parecía tocar el cielo; su cresta, coronada con la luz muerta de su brillo fosforescente que mostraba las lúgubres masas de agua bajo ella. Anunciada mediante el atronador ruido de miles de rompientes combinadas, la espantosa ola finalmente estaba sobre nosotros. De todos los horrores de este espantoso tiempo, esto parecía ser lo peor. Encadenados al lugar, incapaces de escapar, no podíamos sino observar la ola monstruosa que se aproximaba, sin poder contar con la ayuda para ponernos en acción.

Que el buque pudiera flotar a través de las masas de agua que se precipitaban sobre nosotros, parecía imposible. Solamente podíamos agarrarnos de las líneas de seguridad y esperar la inminente catástrofe.

Con un estrépito, nuestro gallardo buque fue inundado y sepultado bajo una masa semisólida de arena y agua. Estuvimos sumergidos sin aliento durante una eternidad; luego, con cada parte del buque crujiendo, el leal y viejo "Wateree" salió a la superficie, con su sorprendida tripulación aún agarrada de las líneas de seguridad - algunos seriamente heridos, magullados, pero ninguno muerto, ni siquiera ninguno faltante. Nos pareció entonces un milagro, y rememorando los hechos ahora, me parece doblemente peligroso.

Sin duda que nuestra salvación se debió al diseño del buque. El buque fue desplazado en forma rápida durante un tiempo, pero después de un rato el movimiento cesó, y bajando una linterna por el costado, nos encontramos en la costa, sin saber en que lugar de ella. Olas más pequeñas se movieron a nuestro alrededor durante cierto tiempo, luego cesaron. Durante algún tiempo permanecimos de guardia, pero como el buque permaneció estacionario, y nada nuevo ocurría, se dio la orden de dejar los puestos, y todos nos fuimos a descansar, exceptuando el personal de guardia.

El sol matinal surgió sobre una escena de desolación rara vez contemplada. Nos encontramos en seco y en altura en una pequeña ensenada, o más bien una indentación en la línea de costa.

Habíamos sido llevados unas 3 millas a lo largo de la costa y casi 2 millas tierra adentro. La ola nos había transportado sobre las dunas de arena que bordean el océano, a través de un valle y por encima de la línea del ferrocarril, dejándonos al pie de la cordillera de la costa. En el frente casi perpendicular de la montaña, nuestro navegante encontró las marcas del tsunami, y midiendo, determinó que se encontraba a 47 pies de altura, sin incluir la cresta. Si la ola nos hubiera acarreado 200 pies más allá, inevitablemente nos habiéramos hecho pedazos contra el costado de la montaña.

Cerca de nosotros encontramos los restos de la gran barca inglesa "Chanacelia," que tenía una de sus cadenas de ancla enrollada a su alrededor, tantas vueltas como su largo le permitió, mostrándonos que ella se había dado vueltas muchas veces; un poco más cerca del mar yacía el buque peruano "América", desfondado; y la arena se encontraba cubierta con una masa heterogénea de restos valiosos: grandes pianos, fardos de seda, toneles de brandy, muebles, ropas, cuchillería; todo lo imaginable estaba allí.

Los temblores continuaban a intervalos irregulares, pero ninguno de ellos tan violento o largo como el primero; algunos de ellos, sin embargo, fueron lo suficientemente fuertes como para sacudir el "Wateree" sonando como una tetera vieja, y nos hizo abandonar el buque y acampar en una gran meseta, a unos 30 metros de altura, vigilando el buque y los naufragios. Desde allí tuvimos la oportunidad de observar los desastrosos resultados del terremoto en tierra. Encontramos en algunos sitios enormes fisuras, muchas de ellas de más de 30 metros de ancho y de profundidades desconocidas; otras eran simplemente grietas. Algunas se convirtieron en la tumba de los habitantes que arrancaban. Recuerdo un ejemplo de esto, cuando encontramos el cuerpo de una dama sentada sobre su caballo, ambos tragados mientras arrancaban por sus vidas. En Arica sólo encontramos desolación y muerte. Donde una vez estuvo esa hermosa ciudad, se ofrecía a nuestra vista una planicie arenosa.



B) RESUMEN DEL CAPÍTULO

- Un tsunami es una serie de ondas oceánicas de período largo y de largo de onda extremadamente grande, generadas por perturbaciones asociadas con terremotos que ocurren bajo o cerca del piso oceánico.
- Otras causas de los tsunamis son las erupciones volcánicas submarinas, los derrumbes costeros y las perturbaciones provocadas por el hombre, tales como explosiones atómicas bajo el agua.
- La velocidad de las ondas de tsunami depende de la profundidad del agua.
- La propagación de las ondas de tsunami está sujeta a las leyes de refracción y difracción.
- Las ondas de tsunami son además modificadas cuando se aproximan a la costa, debido a arrecifes y cordilleras submarinas, plataformas continentales, promontorios y bahías de variadas formas, y por la pendiente de la playa.
- La altura de un tsunami varía de un punto a otro a lo largo de una línea de costa.
- La esfericidad de la Tierra provoca convergencia de los rayos de las ondas provenientes de tsunamis generados a gran distancia.
- La destrucción causada por los tsunamis proviene principalmente del impacto de las ondas, de la inundación y erosión de las fundaciones de edificios, puentes y caminos.
- El objetivo operacional del Sistema de Alarma de Tsunami en el Pacífico es detectar y localizar los grandes sismos que ocurren en la Región del Pacífico, para determinar si ellos han generado tsunamis.

C) PREGUNTAS/PROBLEMAS

1. Describe un tsunami.
2. Explica cómo puede generarse un tsunami.
3. Explica las diferencias entre un tsunami generado por un derrumbe y un tsunami generado por un terremoto.
4. Describe las modificaciones que puede tener una onda de tsunami al viajar desde su zona origen.
5. Describe el Sistema de Alarma de Tsunami.

D) CUESTIONARIO DEL CAPÍTULO

A. Vocabulario. En los paréntesis del margen izquierdo coloca la letra que corresponda a una definición correcta:

- () 1. curvamiento de las ondas oceánicas
- () 2. distancia vertical entre el nivel del mar y la altura de inundación
- () 3. ondas superficiales de período largo
- () 4. tsunami producido por una erupción volcánica submarina
- () 5. interacción de ondas cilíndricas y radiales detrás de un rompeolas

- a. tsunami volcanogénico
- b. difracción
- c. refracción
- d. runup
- e. ondas Rayleigh
- f. Inundación

B. Selección Múltiple

Indica y marca la letra que mejor complete la frase o responda la pregunta.

1. Un tsunami es:
 - a) una onda de sonido
 - b) una onda generada por el viento
 - c) una monstruosa muralla de agua
 - d) varias ondas largas en el océano
2. La palabra tsunami significa:
 - a) ondas marinas
 - b) ondas en una bahía
 - c) temblor marino
 - d) ondas superficiales
3. Un tsunami puede ser causado por:

- I sismos de gran magnitud - II erupción volcánica submarina - III derrumbe cerca de la costa - IV explosión atómica	a) sólo I y III son correctas b) sólo II y IV son correctas c) I, II y III son correctas d) todas son correctas
--	--
4. Los tsunamis son generalmente producidos en
 - a) cordilleras meso-oceánicas
 - b) placas en colisión
 - c) puntos calientes
 - d) volcanes escudos

5. Las ondas de tsunami son modificadas por:
 - a) la presión barométrica
 - b) la temperatura del agua de mar
 - c) la refracción
 - d) fuerzas hidrodinámicas
6. La difracción de ondas es:
 - a) un fenómeno óptico y acústico
 - b) un cambio en el período de las ondas
 - c) el regreso del nivel del mar a su posición normal
 - d) una deformación del fondo del mar
7. Una buena protección contra el impacto de los tsunamis proviene de:
 - a) una cordillera oceánica
 - b) barreras
 - c) arboledas
 - d) ninguno de los anteriores
8. El Sistema de Alarma de Tsunami difunde una Alarma de Tsunami en caso de:
 - a) un gran sismo
 - b) la generación de un tsunami
 - c) informes de los medios de comunicación
 - d) un huracán

CAPÍTULO 5

SISMICIDAD DEL PAÍS

En cualquier país sísmico es posible determinar diferencias en el modo y frecuencia de ocurrencia de los eventos sísmicos ocurridos en distintas zonas de la región. Existen zonas donde pueden ocurrir muchos sismos, pero de tamaño pequeño, a diferencia de lo que puede suceder en otros sitios donde ocurren pocos sismos, pero de gran tamaño.

Este capítulo describe la variación de la sismicidad a lo largo del país, proporcionando las características principales de dicha actividad en cada zona sísmica. También nos proporciona medidas de seguridad a adoptar, en caso de ocurrencia de un terremoto, en distintos ambientes en que nos encontremos.

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

1. Conocer las características de la ocurrencia de los sismos en Chile.
2. Determinar las diferentes formas de ocurrencia de los sismos en distintas zonas del país.
3. Describir la actividad sísmica del pasado histórico ocurrida en el país

5.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SISMICIDAD EN CHILE

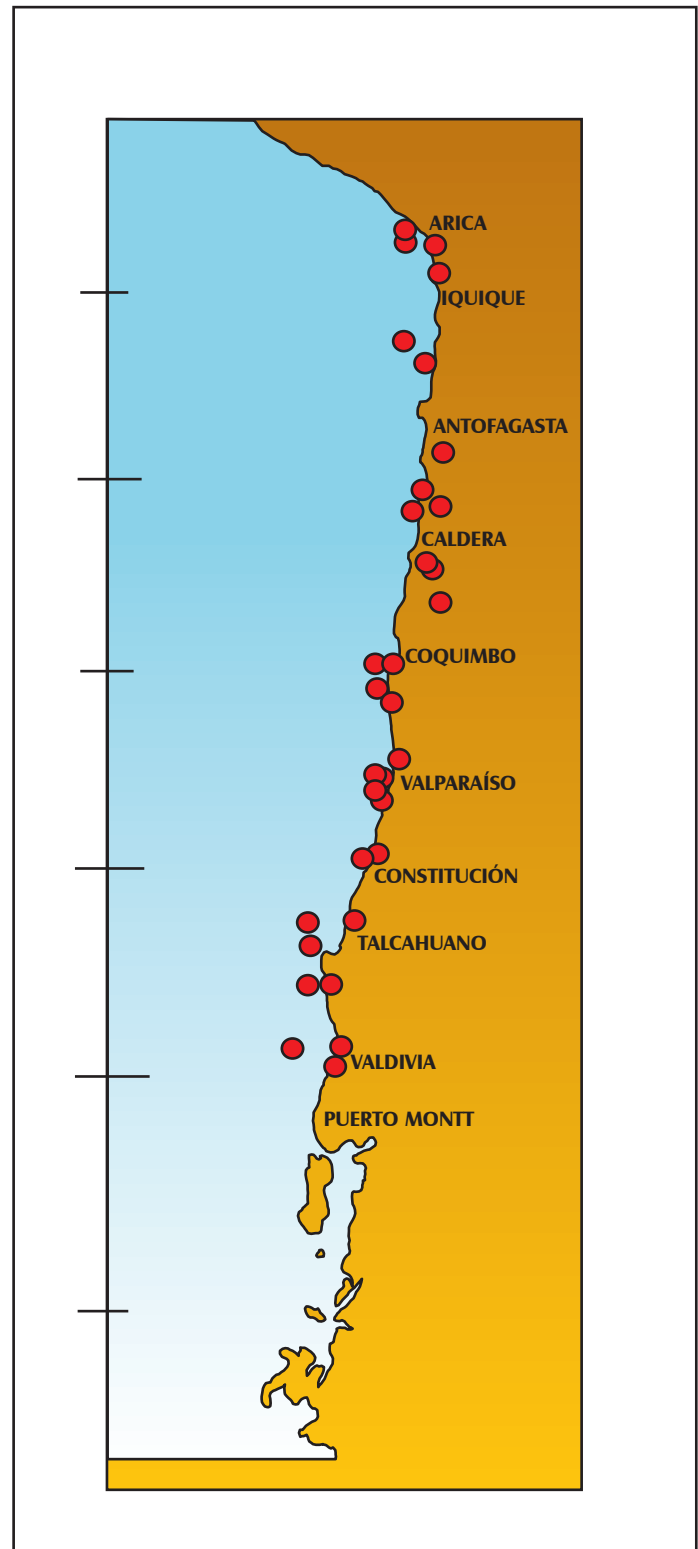
La costa Oeste de Sudamérica está delineada por el borde oriental de la placa tectónica Nazca y se caracteriza por su extrema sismicidad. Existe una banda sísmica activa muy angosta (100-150 kilómetros de ancho) entre, el cordón montañoso de los Andes y la fosa Perú-Chile.

A lo largo de la costa de Chile, existen grandes diferencias en la sismicidad, en la morfología de la costa y en el potencial de generación de grandes tsunamis.

Un sorprendente y bien conocido rasgo de la distribución espacial de los hipocentros a lo largo de América del Sur, es la brecha existente en la actividad sísmica entre las profundidades de 320 y 525 kilómetros.

Los sismos profundos (de más de 525 kilómetros de profundidad) definen dos angostos cinturones de actividad, y el número de eventos de pequeña magnitud en relación al número de eventos de gran magnitud es muy bajo.

La actividad de profundidad intermedia tiende a agruparse en el espacio. Existe un máximo en la actividad entre las profundidades de alrededor de 100 y 130 km; la mayoría de estos eventos ocurren entre las latitudes de 17° S y 24° S, cerca de la curvatura de la línea de la costa entre Perú y Chile. Esta es también la región donde no han ocurrido grandes sismos superficiales en los últimos 120 años. Es evidente la brecha en la actividad sísmica intermedia entre las latitudes de, 25.5° S y 27° S, sin embargo, esta región experimentó varios eventos sísmicos grandes.



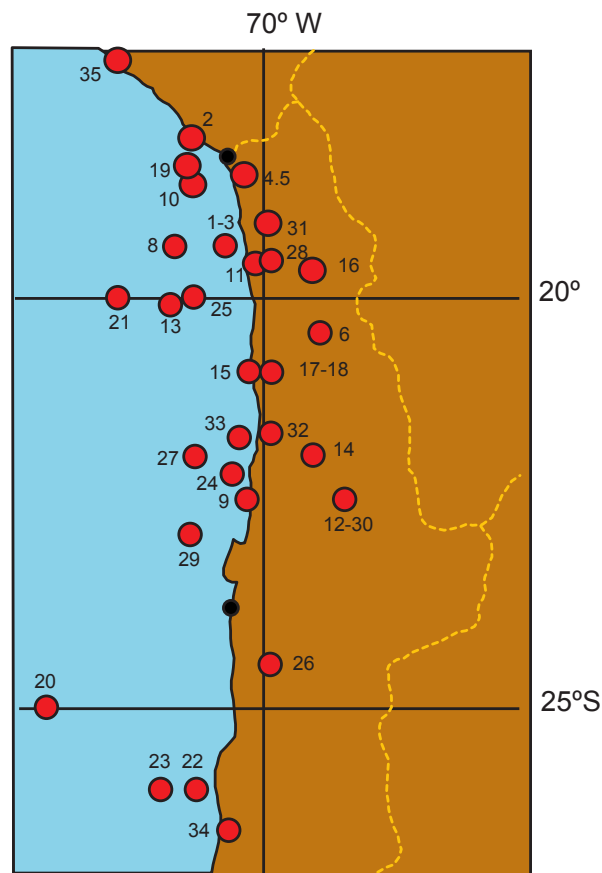
Terremotos ocurridos en Chile.

5.2 REGIONALIZACIÓN SÍSMICA

5.2.1 ZONA NORTE DE CHILE

El extremo Norte de Chile ($18^{\circ}27''$ S) puede ser dividido en tres regiones sísmicas bien diferenciadas. La zona más al norte comprende las áreas entre las latitudes 18° S y 20° S; la segunda región sísmica incluye el área entre los 20° S y 22° S; y la tercera región sísmica incluye el área entre los 22° y 27° S.

a) La región de más al Norte (18° a 20° S), tiene una activa histórica de sismos destructores y de maremotos o tsunamis. Grandes terremotos en 1604, 1705, 1868 y 1877 destruyeron Arica, así como otros pueblos costeros, y generaron tsunamis que fueron destructivos en casi todo el Océano Pacífico.



Ubicación de sismos en la zona norte de Chile.

b) En la segunda región sísmica del Norte de Chile (20° a 22° S) han ocurrido sismos costeros y hacia el interior. Los sismos costeros han generado varios tsunamis, pero ninguno de ellos ha sido destructivo.

c) La provincia de Antofagasta (22° - 27° S) incluye mucha actividad sísmica de profundidad intermedia (70 - 300 km), pero carece de grandes sismos del tipo que genera tsunamis destructores. Los eventos más grandes en esta área ocurrieron el 4 de diciembre de 1918 y el 28 de diciembre de 1966.

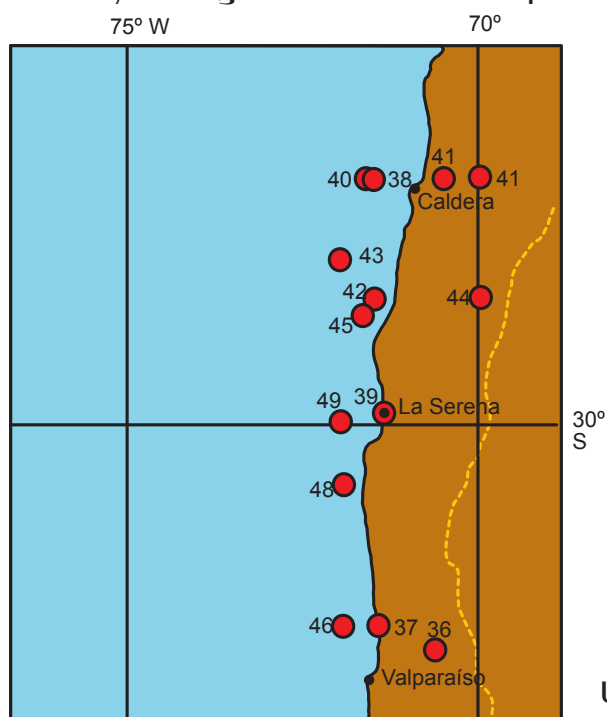
HISTORIA SISMICA DE LA ZONA NORTE DE CHILE (18°-27°S)

Sismo Nº	Fecha Año Mes Día	Lat. °S	Long. °W	Magnitud	Efectos
1	1543	19,0	70,5	7,7	Intensidad max.= X
2	1604 11 24	17,9	70,9	8,4	Tsunami importante
3	1615 09 16	19,5	70,5	7,5	Tsunami pequeño
4	1681 03 10	18,5	70,3	7,5	Intensidad max.= X
5	1715 08 23	18,5	70,3	7,5	Tsunami dudoso
6	<1768	20,5	69,4	7,7	Intens. max.= VII
7	1831 10 09	18,5	71,0	7,0	Intens. max.= VII
8	1833 09 18	19,0	71,0	7,4	Intens. max.= VII
9	1836 06 03	22,6	70,3	7,5	Tsunami local
10	1868 08 13	18,6	71,0	8,5	Tsunami importante
11	1869 08 24	19,6	70,2	7,4	Tsunami local
12	1870 04 22	22,7	68,9	7,5	Intens. max = X
13	1871 10 05	20,1	71,3	7,5	
14	1876 10 26	22,1	69,6	7,2	Intens. max = VII
15	1877 05 10	21,0	70,3	8,8	Tsunami importante
16	1878 01 23	19,9	69,5	7,3	
17	1905 04 26	21,0	70,0	7,0	
18	1906 08 30	21,0	70,0	7,2	
19	1906 12 26	18,0	71,0	7,0	
20	1909 06 08	25,0	73,0	7,6	
21	1911 09 15	20,0	72,0	7,3	
22	1918 12 04	26,0	71,0	7,8	Tsunami mediano
23	1925 05 15	26,0	71,5	7,1	
24	1928 11 20	22,5	70,5	7,1	
25	1933 02 23	20,0	71,0	7,6	Tsunami pequeño
26	1936 07 13	24,5	70,0	7,3	Tsunami pequeño
27	1940 10 04	22,0	71,0	7,3	Tsunami pequeño
28	1945 04 19	19,5	70,0	7,2	
29	1947 07 29	23,5	71,0	7,0	
30	1948 12 26	22,5	69,0	7,0	Tsunami pequeño
31	1956 01 08	19,0	70,0	7,1	
32	1967 12 21	21,9	70,1	7,3	Tsunami pequeño
33	1970 06 19	22,2	70,5	7,0	
34	1983 10 04	26,5	70,6	7,4	Tsunami pequeño
35	1988 04 12	17,3	72,4	7,0	
36	1995 07 30	23,4	70,4	7,8	Tsunami pequeño

5.2.2 ZONA CENTRO-NORTE DE CHILE (27° S - 33° S)

La zona del Norte-Central de Chile, conocida como la zona de los valles transversales, está caracterizada por la ausencia de volcanismo del Cuaternario y por la ocurrencia de tsunamis destructivos, cada 20 años, durante el presente siglo.

Los eventos más importantes ocurrieron el 8 de julio de 1730, el 11 de abril de 1819, el 11 de noviembre de 1922, el 6 de abril de 1943, el 19 de abril de 1955 y el 9 de julio de 1971. Los eventos de 1730 y 1922 generaron tsunamis que causaron daños en lugares tan alejados como Japón.



Ubicación de sismos en zona centro-norte de Chile.

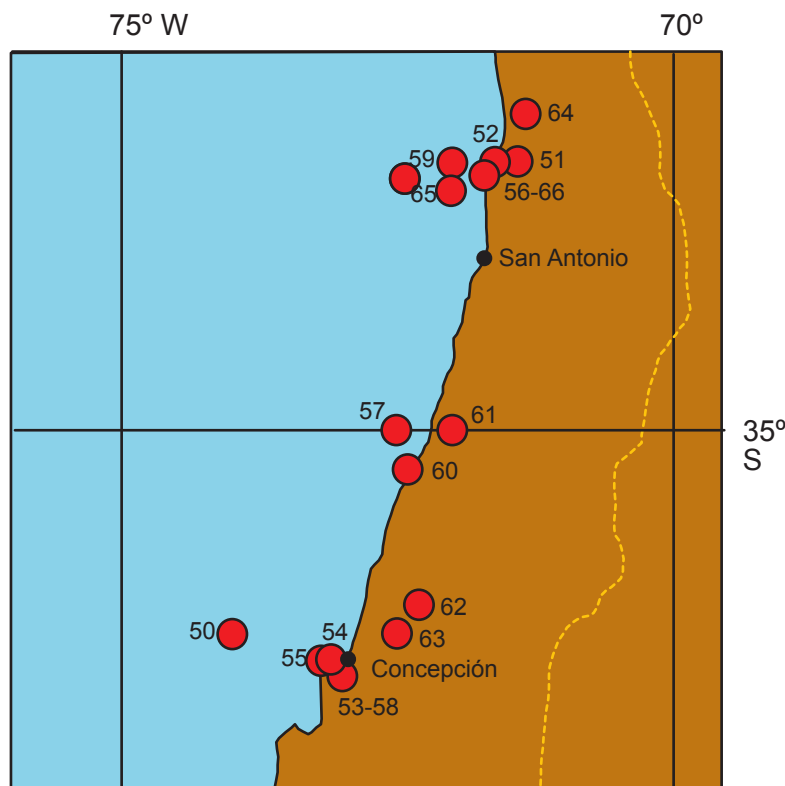
HISTORIA SISMICA DE LA ZONA CENTRO-NORTE DE CHILE

Sismo N°	Fecha Año Mes Día	Lat. °S	Long. °W	Magnitud	Efectos
36	1687 07 12	32,8	70,7	7,3	
37	1730 07 08	32,5	71,5	8,7	Tsunami importante
38	1819 04 11	27,0	71,5	8,5	Tsunami importante
39	1849 12 17	29,9	71,4	7,5	Tsunami importante
40	1851 05 26	27,0	71,6	7,2	Tsunami mediano
41	1859 10 05	27,0	70,0	7,7	Tsunami importante
42	1918 05 20	28,5	71,5	7,9	
43	1922 11 07	28,0	72,0	7,0	
44	1922 11 11	28,5	70,0	8,3	Tsunami importante
45	1923 05 04	28,7	71,7	7,0	
46	1931 03 18	32,5	72,0	7,1	
47	1939 04 18	27,0	70,5	7,4	
48	1943 04 06	30,8	72,0	8,3	Tsunami pequeño
49	1955 04 19	30,0	72,0	7,1	Tsunami pequeño

5.2.3 ZONA DE CHILE CENTRAL (33° S - 37° S)

La zona de Chile Central puede subdividirse en tres regiones, que se señalan en la figura de más abajo:

a) La región cerca de Valparaíso (30° - 34° S) que está marcada por la intersección de la Cordillera submarina de Juan Fernández con la fosa y por la aparición brusca del volcanismo del Cuaternario hacia el Sur. Cinco terremotos productores de tsunamis se produjeron en esta zona: el 19 de noviembre de 1811, el 19 de noviembre de 1822, el 16 de octubre de 1868, el 17 de agosto de 1906 y el 3 de marzo de 1985. Los terremotos de 1822 y de 1906 se centraron casi en la misma ubicación; ambos tuvieron magnitudes de 8,5 o más en la Escala de Richter y ambos causaron daños. El sismo de magnitud 7,8 que ocurrió en 1985, generó un pequeño tsunami.



Ubicación de sismos en la zona de Chile Central.

b) La región al Sur de Valparaíso (34° - 36° S), donde existe una brecha sísmica de tamaño moderado (ausencia de sismos grandes en los últimos años) y donde el potencial de sismos futuros es bueno. Cuatro eventos de magnitud igual o superior a 7,5 en la Escala de Richter han ocurrido en esta área en 1871, 1923, 1928 y 1975, pero ninguno de ellos produjo tsunami.

c) La región de Concepción (36° - 37° S) muestra dos eventos en 1835 y 1939 cuyas magnitudes han sido superiores a 8 en la Escala de Richter, el primero de los cuales generó un tsunami destructor. A ellos se agregan eventos de magnitud menor en 1751, 1868, 1869, 1878, 1953 y 1961.

HISTORIA SISMICA DE CHILE CENTRAL

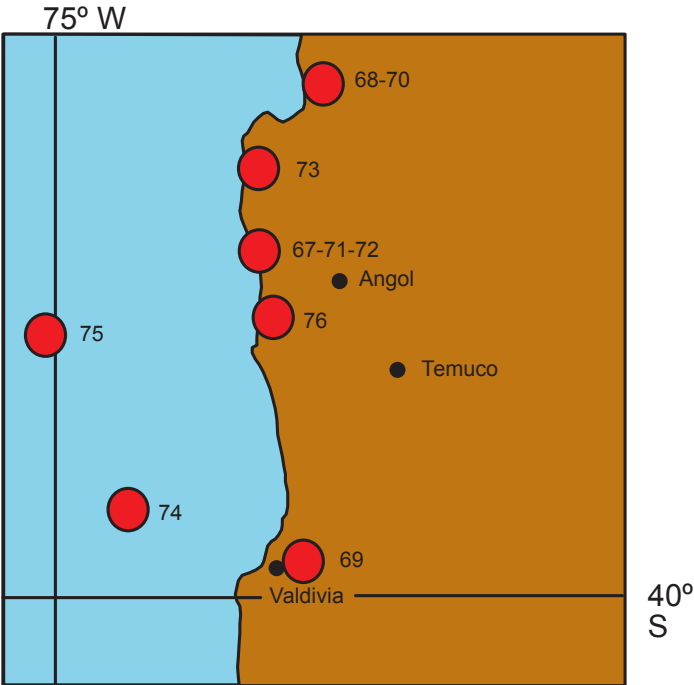
Sismo Nº	Fecha Año Mes Día	Lat. °S	Long. °W	Magnitud	Efectos
50	1751 05 25	36,5	74,0	8,0	Tsunami importante
51	1811 11 19	33,0	71,4		Tsunami pequeño
52	1822 11 19	33,0	71,6	8,5	Tsunami importante
53	1835 02 20	36,8	73,0	8,2	Tsunami importante
54	1838 05 07	36,7	73,3		Tsunami pequeño
55	1868 09 14	36,7	73,2		Tsunami pequeño
56	1868 10 16	33,1	71,7		Tsunami pequeño
57	1871 03 25	35,0	72,5	7,5	Tsunami pequeño
58	1878 02 14	36,8	73,0		Tsunami pequeño
59	1906 08 17	33,0	72,0	8,6	Tsunami importante
60	1923 02 17	35,3	72,4		Tsunami pequeño
61	1928 12 01	35,0	72,0	8,4	Tsunami mediano
62	1939 01 25	36,3	72,3	8,3	
63	1953 05 06	36,5	72,5	7,6	
64	1971 07 07	32,5	71,2	7,5	
65	1975 05 10	35,7	74,6	7,8	
66	1985 03 03	33,2	72,0	7,8	Tsunami pequeño

¿SABÍAS QUE...?

El terremoto del 22 de mayo de 1960 ocurrido en el sur de Chile generó un tsunami que se propagó a través de todo el Océano Pacífico, ocasionando daños en lugares tan separados entre sí como Japón, Hawaii y Colombia. También se produjeron víctimas fatales en Japón y Hawaii. En este último lugar los daños fueron estimados en 75 millones de dólares.

5.2.4 ZONA CENTRO-SUR DE CHILE (37° S - 41° S)

La zona Central-Sur (37°-41° S) se caracteriza por que la actividad sísmica principal se ha desplazado hacia mar afuera, cerca del extremo Norte de esta zona tal como se ve en la figura de abajo.



Grandes eventos se han registrado en ella el 28 de octubre de 1562, el 8 de febrero de 1570, el 16 de diciembre de 1575, el 15 de marzo de 1657 y el 22 de mayo de 1960. De ellos, los de 1562, 1570, 1575 y 1960 produjeron tsunamis destructores.

Los intervalos entre estos terremotos parecen ser mayores que los producidos en las áreas de Concepción y Valparaíso.

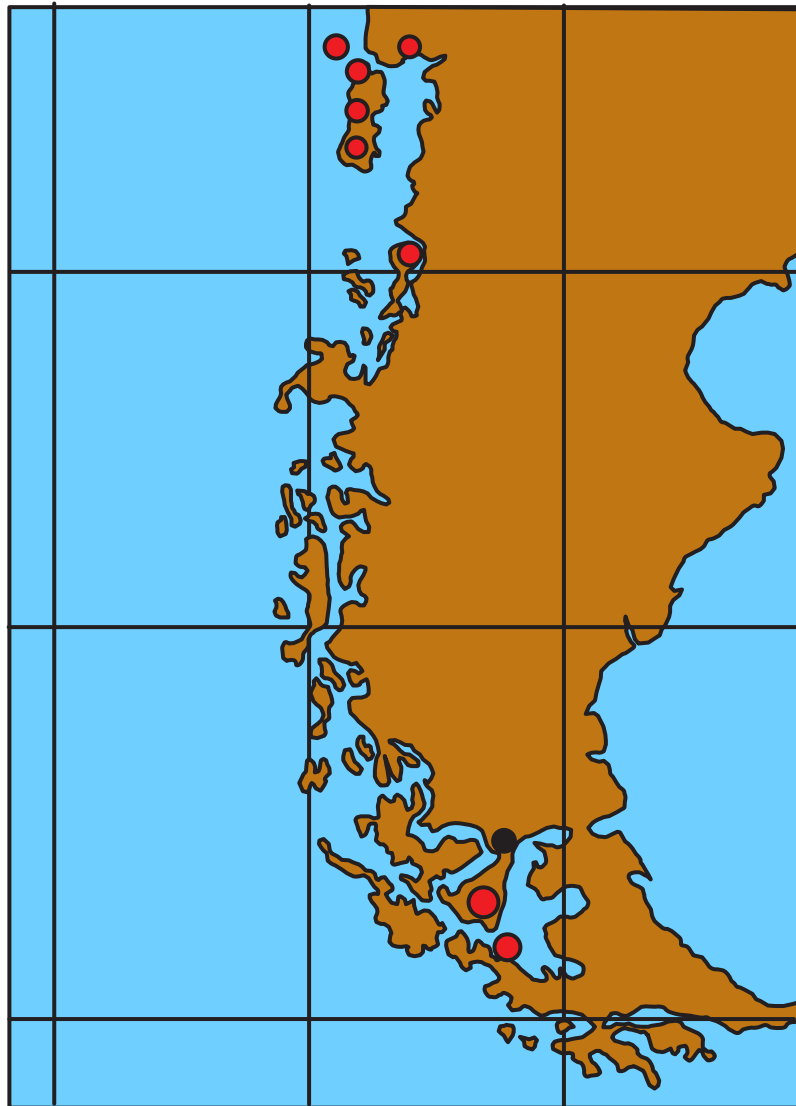
El terremoto del 22 de mayo de 1960, de magnitud 8,9 es el evento sísmico más grande en esta región desde 1570.

Ubicación de sismos en la zona Centro-Sur de Chile.

HISTORIA SISMICA DE LA ZONA CENTRO-SUR DE CHILE					
Sismo N	Fecha Año Mes Día	Lat. °S	Long. °W	Magnitud	Efectos
67	1562 10 28	38,0	73,5	8,0	Tsunami importante
68	1570 02 08	37,0	73,0	8,5	Tsunami importante
69	1575 12 16	39,8	73,2	8,5	Tsunami importante
70	1657 03 15	37,0	73,0	8,0	Tsunami importante
71	1920 08 20	38,0	73,5	7,0	Tsunami pequeño
72	1949 04 20	38,0	73,5	7,3	
73	1960 05 21	37,5	73,5	7,3	Tsunami pequeño
74	1960 05 22	39,5	74,5	8,9	Tsunami importante
75	1960 11 01	38,5	75,1	7,4	
76	1974 08 20	38,4	73,4	7,0	

5.2.5. ZONA DE CHILE AUSTRAL (41° S - 60° S)

Esta zona puede, subdividirse en tres regiones sísmicamente diferentes, tal como se muestra en la figura siguiente.



Ubicación de sismos en la zona Austral de Chile.

a) La región desde 41° S hasta 45° S: la costa de Sudamérica cambia dramáticamente en la latitud 41° S. Desde este punto hacia el Sur, la línea de costa se hace irregular y tiene numerosas islas, bahías y caletas. Esto indica que la colisión entre las placas del Pacífico y la Sudamericana no es tan pronunciada en esta área, y quizás que las dos placas no están siendo forzadas una contra otra como está ocurriendo a lo largo de la costa hacia el norte. En el extremo norte de esta región (cerca de la latitud 41° S) ocurrieron terremotos que generaron tsunamis destructores en 1633 y 1837. En 1929, ocurrió otro tsunami destructor en la latitud 44.6° S.

b) La región desde los 45° S hasta los 53° S: al sur de la unión triple entre la Fosa Chile y la Dorsal de Chile en la latitud 46° S, la parte oceánica de la Placa Antártica está siendo transportada bajo la Placa Sudamericana a una razón de 2 cm/año. Existen evidencias paleomagnéticas en el Pacífico Sur que indican que segmentos de la Dorsal de Chile colisionaron con la parte más austral del Continente Sudamericano hace 26 millones de años. Desde esa época ha habido una disminución de, la actividad volcánica en el continente y un cese del plegamiento en las cuencas sedimentarias.

c) La región desde los 53° S hasta los 60° S: los registros sísmicos son incompletos debido al asentamiento reciente de pobladores en esta área. Los registros existentes indican, sin embargo, que la sismicidad es baja. El registro más temprano de actividad sísmica es el terremoto del Estrecho de Magallanes en 1878. Dos grandes terremotos ocurrieron en un lapso de 10 horas en 1949.

HISTORIA SISMICA DE LA ZONA AUSTRAL DE CHILE					
Sismo N°	Fecha Año Mes Día	Lat. °S	Long. ° W	Magnitud	Efectos
77	1633 05 14	41,8	74,0		Tsunami pequeño
78	1737 12 24	43,0	74,0	7,5-8	
79	1837 11 07	42,5	74,0	8,5	Tsunami importante
80	1871 12 28	41,5	73,0		Mar agitado
81	1927 11 21	44,6	73,0	7,1	Tsunami mediano
82	1940 10 11	41,5	74,5	7,0	
83	1949 12 17	54,0	71,0	7,7	Tsunami local
84	1950 01 30	53,5	71,5	7,0	

A) REPORTAJE

REPORTAJE AL PASADO

El 16 de diciembre de 1575, ocurrió un terremoto en el Sur del país cuyas características fueron muy parecidas a las del terremoto ocurrido varios siglos más tarde en la misma región el 22 de mayo de 1960. Debido a esta similitud se ha considerado de interés conocer por boca de testigos presenciales los hechos principales del evento sísmico de 1575.

El jesuita Escobar, sirviéndose de manuscritos del Corregidor de Valdivia Mariño de Lobera, lo describe de la siguiente forma: (escrito en castellano antiguo, ver glosario al final del relato) " Hora y media antes de anochecer comenzó a temblar la tierra con gran rumor y estruendo yendo siempre el terremoto en crecimiento sin cesar de hacer daño derribando tejados, techumbres y paredes, con tanto espanto de la gente que estaban atónitas y fuera de sí de ver un caso tan extraordinario. No se puede pintar ni describir la manera de esta furiosa tempestad que parecía ser el fin del mundo, cuya priesa fue tal, que no dio lugar a muchas personas a salir de sus casas, y así perecieron enterradas en vida, cayendo sobre ellas las grandes machinas de los edificios. Era cosa que erizaba los cabellos y ponía los rostros amarillos, el ver menearse la tierra tan a priesa , y con tanta furia que no solamente caían los edificios, sino también las personas sin poderse detener en pié, aunque se asían unos de otros para afirmarse en el suelo. Demás desto, mientras la tierra estaba temblando por espacio de un cuarto de hora, se vió en el caudaloso río, por donde las naos suelen subir sin riesgo, una cosa notabilísima , y fue que, en cierta parte del se dividió el agua corriendo la una parte de ella hacia la mar y la otra parte río arriba, quedando en aquel lugar el suelo descubierto de suerte, que se veían las piedras como las vió don Pedro de Lobera, de quién saqué esta historia, el cual afirma haberlo visto por sus ojos. Ultra desto salió la mar de sus límites y linderos corriendo con tanta velocidad por la tierra adentro, como el río del mayor ímpetu del mundo. Y fue tanto su furor y braveza, que entró tres leguas por la tierra adentro, donde dejó gran suma de peces muertos, de cuya especie nunca se habían visto otras en este reino. Y entre estas borrascas y remolinos se perdieron dos naos, que estaban en el puerto, y la ciudad quedó arrasada por tierra sin quedar pared en ella que no se arruinare. Aún en el campo raso no estaban del todo seguras las personas, porque por muchas partes se abría la tierra frecuentemente con los temblores, que sobrevenían cada media hora sin cesar esta frecuencia por espacio de cuarenta días."

El gobernador Rodrigo de Quiroga refiere al Rey el cataclismo en estos términos: "En un momento derribó las casas y templos de cinco ciudades, que fueron La Imperial, Ciudad Rica (Villarrica), Osorno, Castro y Valdivia, y salió la mar de su curso ordinario, de tal manera que en la costa de La Imperial se ahogaron casi cien ánimas de indios, y en el puerto de Valdivia dieron al través dos navíos que allí estaban surtos, y mató el temblor veintitantas personas, entre hombres, mujeres y niños..."

Como se podrá apreciar, las consecuencias del terremoto, principalmente la inundación de Valdivia, fueron de una similitud extraordinaria con las de la catástrofe de 1960. El cataclismo desplomó un cerro vecino a la salida del lago Riñihue, formando una presa.

Glosario de términos en castellano antiguo:

Priesa= prisa; desto= de esto; naos= naves; ultra= además; machina= pared; ánimas= almas

B) RESUMEN DEL CAPÍTULO

- La distribución espacial de los hipocentros se caracteriza por la ausencia de actividad sísmica de profundidad intermedia entre los 320 y 525 kilómetros de profundidad.
- Los sismos superficiales se distribuyen a lo largo de la zona costera o cerca de ella en todo el país.
- La mayoría de los eventos sísmicos de profundidad intermedia entre 100 y 130 kilómetros de profundidad ocurren en Chile entre las latitudes de 17° S y 24° S cerca del recodo de la costa entre Chile y Perú.
- La sismicidad del país es diferente a lo largo de las distintas regiones.
- En la zona de los valles transversales (latitudes 27° S a 33° S) no hay volcanismo del Cuaternario.
- Varios eventos sísmicos ocurridos en distintas regiones del país generaron tsunamis.
- Existe actualmente una ausencia de la sismicidad en el extremo sur del país entre las latitudes de 45° S y 53° S.

C) PREGUNTAS/PROBLEMAS

1. ¿Qué caracteriza a la ocurrencia de sismos de profundidad intermedia en Chile?
2. Enumera tres características de la sismicidad en la zona austral de Chile.
3. Averigua cuáles han sido los eventos sísmicos de mayor magnitud ocurridos en el territorio nacional?
4. Investiga cuál es la zona donde han ocurrido más eventos sísmicos importantes?
5. Con ayuda de material bibliográfico de la biblioteca dibuja en los mapas de sismos de las distintas regiones del país, la ubicación de los volcanes existentes.

D) CUESTIONARIO DEL CAPÍTULO

A. Selección Múltiple. Seleccione la letra que complete mejor la frase o que responda la pregunta.

1. Entre la Cordillera de los Andes y la fosa Chile-Perú hay un(a) muy activo(a):
 - a) falla
 - b) volcán
 - c) cinturón sísmico
 - d) tsunami
2. El extremo norte del Norte de Chile se caracteriza por:
 - a) falta de volcanismo
 - b) grandes tsunamis
 - c) sismos profundos
 - d) sismos superficiales
3. La región donde el potencial de ocurrencia de terremotos futuros es alta es:
 - a) Sur de Chile
 - b) Chile Central
 - c) Chile Centro-Norte
 - d) Norte de Chile
4. El terremoto de mayor magnitud que se haya registrado ocurrió en:
 - a) Sur de Chile
 - b) Centro-Norte de Chile
 - c) Chile Central
 - d) Centro-Sur de Chile
5. El sismo ocurrido en 1575 fue muy similar al de:
 - a) 1868
 - b) 1922
 - c) 1960
 - d) 1985

Medidas de Protección



CAPÍTULO 6

MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA LOS TERREMOTOS Y TSUNAMIS

- qué hacer antes, durante y después...

La preparación en caso de emergencia consiste en las actividades de preparación efectuadas por una comunidad con el objeto de maximizar su eficiencia inmediatamente antes y durante el período de respuesta a la emergencia.

Como los terremotos atacan sin aviso, es importante actuar ahora. El saber cómo reaccionar y qué hacer podría salvar tu vida. Rara vez el movimiento del terreno es la causa real de muerte o heridas. La mayor parte de las víctimas resultan del derrumbe parcial de los edificios, la caída de objetos y escombros, como trozos de chimeneas, estucos del cielo raso y artefactos livianos.

En la mayor parte de los tsunamis, la gran mayoría de las víctimas emanan de no saber qué hacer o a dónde ir si se sabe de la llegada de un tsunami.

Este capítulo enumera una serie de recomendaciones en varias situaciones en caso de terremotos y tsunamis.

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

1. Describir cómo estar preparados para la ocurrencia de un terremoto.
2. Describir las acciones a tomar durante un terremoto para estar a salvo de sus efectos.
3. Describir las acciones a tomar después de la ocurrencia de un terremoto.
4. Describir las acciones a tomar en caso de tsunami.

6.1 QUÉ HACER ANTES DE UN TERREMOTO

Desafortunadamente, aun no se pueden pronosticar los terremotos. No sabemos dónde y cuándo ocurrirá el próximo. Debido a esto, lo único que podemos hacer durante el período de tranquilidad es prepararnos, mediante el conocimiento de lo que se espera que sucedería y conociendo qué hacer antes del terremoto, con el objeto de minimizar la pérdida de vidas humanas y el daño a las propiedades.

ANTES QUE COMIENCE A TEMBLAR... ¡PREPARE A SU FAMILIA!

6.1.1 Peligros más probables que ocurran:

- a) Colapso parcial o total de edificios.
- b) Heridas provocadas por caída de objetos o escombros.
- c) Incendios.
- d) Electrocutación por caída de líneas de poder.
- e) Explosiones de gas de fugas de cañerías.

SEPA QUÉ TIENE QUE HACER, ¡ANTES QUE TENGA QUE HACERLO!

6.1.2 Acciones a tomar para minimizar el riesgo:

- Conoce los lugares seguros en cada habitación:

- contra las paredes internas
- bajo mesas robustas o escritorios
- bajo el umbral de cualquier puerta

- Conoce los lugares peligrosos:

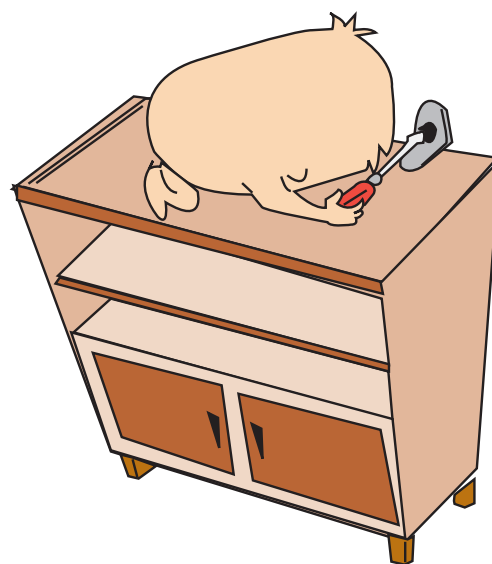
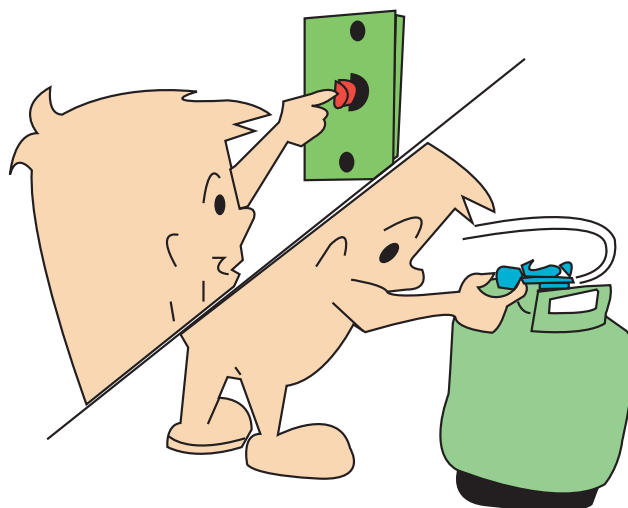
- ventanas
- espejos
- objetos colgantes
- chimeneas
- muebles altos no asegurados a la pared



- Practica. Colócate físicamente en las ubicaciones seguras. Esto es especialmente importante para que los niños menores sepan qué hacer.

- Aprende primeros auxilios y resucitación cardiopulmonar en la Cruz Roja local o en otra organización comunitaria.

- Mantén un listado de teléfonos de emergencia.
- Aprende la forma de cortar la electricidad, el gas, el agua.
- Mantén los objetos quebradizos y los objetos pesados en los anaqueles inferiores.
- Asegura los muebles altos que se puedan volcar, tales como libreros.
- Asegura los calefactores de agua y aparatos que al moverse puedan provocar la ruptura de líneas de gas o de electricidad.
- Asegura las plantas colgantes y los cuadros o espejos pesados (especialmente sobre las camas).
- Pone picaportes en las puertas de los muebles para mantenerlos cerrados durante el terremoto.
- Mantén los líquidos inflamables y peligrosos, tales como pinturas, pesticidas o productos de limpieza en el garage o en un cobertizo externo.
- Revisa las condiciones estructurales de chimeneas, techos, paredes y cimientos.



Mantén materiales de emergencia, tales como comida no perecible, agua y otros elementos, incluyendo una linterna, una radio a pilas, botiquín de primeros auxilios, medicinas y ropa de abrigo, en lugares a tu alcance.



6.1.3 Guía para personas responsables de otros grupos de personas.

Se sugieren las siguientes acciones a tomar aun antes de la ocurrencia de un terremoto para autoridades escolares, jefes de fábricas y oficinas, etc.

- a) Se deben nominar personas que se aseguren que la electricidad y el gas se corten inmediatamente al producirse un sismo.
- b) Se debe predeterminar el sistema de evacuación de un edificio donde haya un gran número de personas.
- c) Se debe predeterminar un espacio abierto donde pueda ser evacuada la gente de los edificios.
- d) Se deben nombrar guías y monitores para instruirlos en los procedimientos.
- e) Los hospitales y otros servicios, especialmente necesarios durante un desastre, deben tener planes predeterminados para establecer dichos servicios fuera del edificio original en caso de terremotos.
- f) Deben hacerse ejercicios periódicos para revisar los planes y las reacciones en caso de terremotos.
- g) Deben conocerse por anticipado las oficinas de la localidad, que sean apropiadas para operaciones de rescate.
- h) Esté al corriente de las instrucciones y alertas del Gobierno.
- j) Durante una emergencia de tsunami, la Defensa Civil, los bomberos, la policía y otras organizaciones de emergencia tratarán de salvar tu vida. Dales tu mayor cooperación.

6.2 QUÉ HACER DURANTE EL SISMO

¡MANTÉN LA CALMA!

Lo primero es tratar de no perder la calma. Aunque se debe actuar rápido, no debes huir desaforadamente o gritar, pues con eso creas el pánico. Hay que controlarse. Trata de calmar a otros. Preocúpate de los niños menores y de los adultos con problemas físicos.

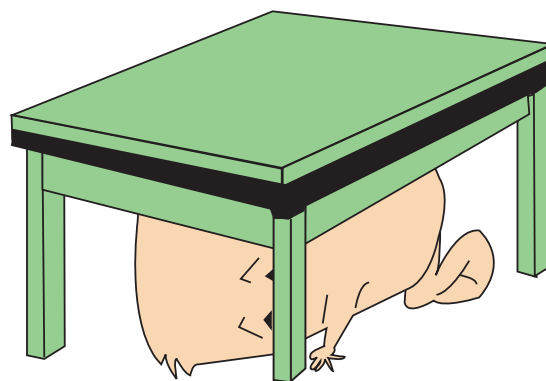
6.2.1 Acciones a tomar para minimizar riesgos:

a) Los espacios abiertos son los lugares más seguros durante un terremoto. Por lo tanto, si se dispone, de un lugar abierto al alcance dentro de unos pocos segundos, la primera reacción debe ser ir a ese lugar. Muchos creen que el terreno se abrirá y tragará a la gente. Esta es una información errónea.

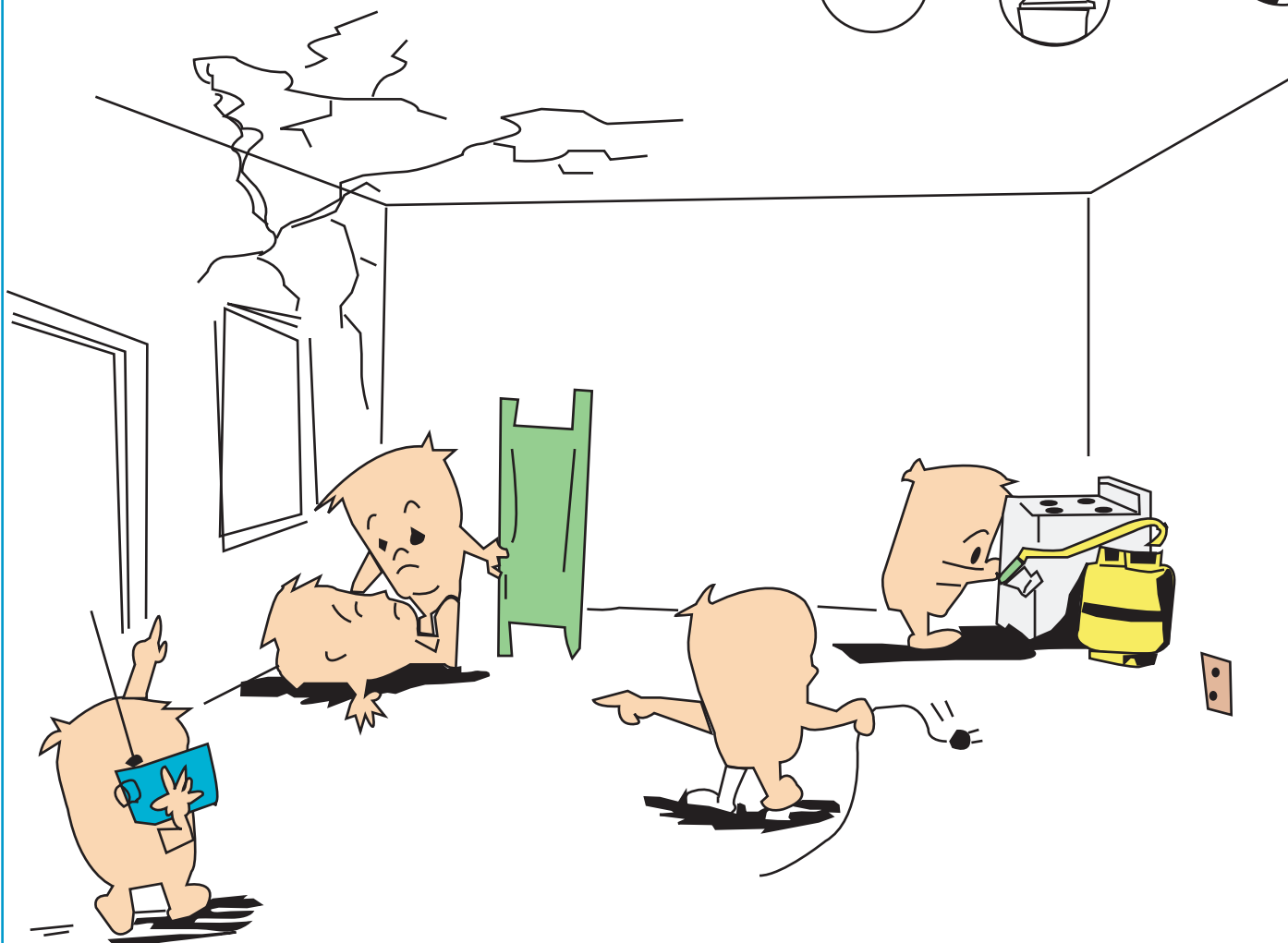
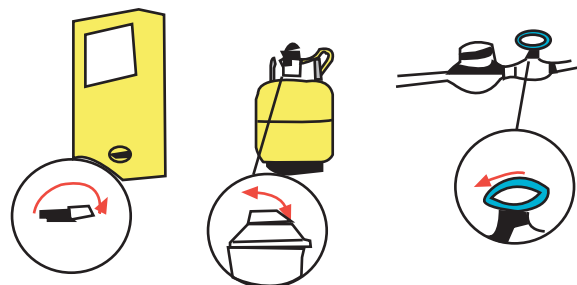
b) Si el acceso a espacio abierto no es posible en unos pocos segundos, la siguiente recomendación es buscar refugio bajo muebles pesados durante, las sacudidas iniciales. Inmediatamente después, la gente debería ir a lugares abiertos hasta que sea evaluada la severidad de, la destrucción.

c) En las calles, es necesario mantenerse fuera del alcance de la caída de escombros u otros objetos tales como avisos luminosos, postes, etc.

d) Se debe evitar estar en calles angostas, entre edificios altos, bajo cables eléctricos, bajo estructuras colgantes y en terraplenes con alta pendiente. Normalmente, existe peligro entre estructuras altas y en los terraplenes de los ríos.

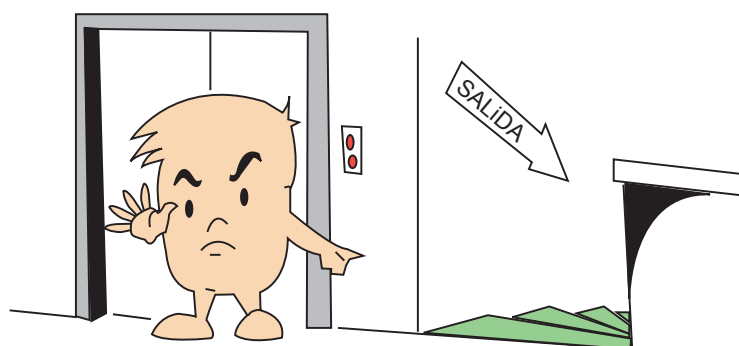


e) Corta el suministro de electricidad y de gas en las llaves de paso. Estas son fuentes potenciales de incendios accidentales después de un terremoto.



f) Apaga los incendios incipientes antes de pretender salvar vidas. Un ejemplo es que toda la casa o la manzana puede quemarse antes que uno tenga la oportunidad de rescatar a alguien.

g) No uses los ascensores durante o después de un terremoto hasta no estar seguro de su operatividad. Normalmente, los ascensores se atascan y pueden haber cortocircuitos que pueden provocar electrocución.



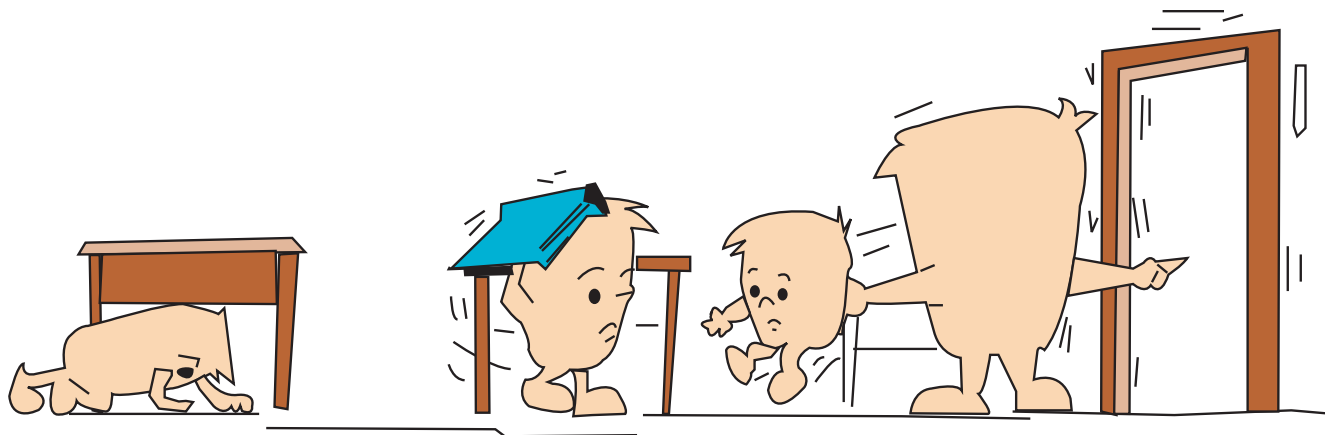
6.2.2 Información general para disminuir el peligro en caso de terremoto

- a) Pone cuidado en el uso de lámparas de parafina o de petróleo. Ellas deben colocarse donde no haya peligro de volcamiento que provoque incendios.
- b) No duermas donde haya muebles pesados o altos que puedan volcarse y herirte. Tales muebles deben anclarse a las paredes o al piso.
- c) No almacenes objetos pesados en estantes altos donde se puedan caer y provocar heridas.
- d) Mantén a mano linternas con pilas ya que el desastre puede ocurrir durante la noche.
- e) Mantén un volumen adecuado de agua y alimentos para casos de emergencia.
- f) En el análisis final, el individuo es el juez final sobre las acciones más apropiadas para su situación. Cada persona debería tener claro en su mente el plan de acción en caso de terremoto para sí mismo y su familia.
- g) Finalmente, durante el terremoto mantén la calma, reacciona adecuadamente y **NO TE ATERRORICES**.



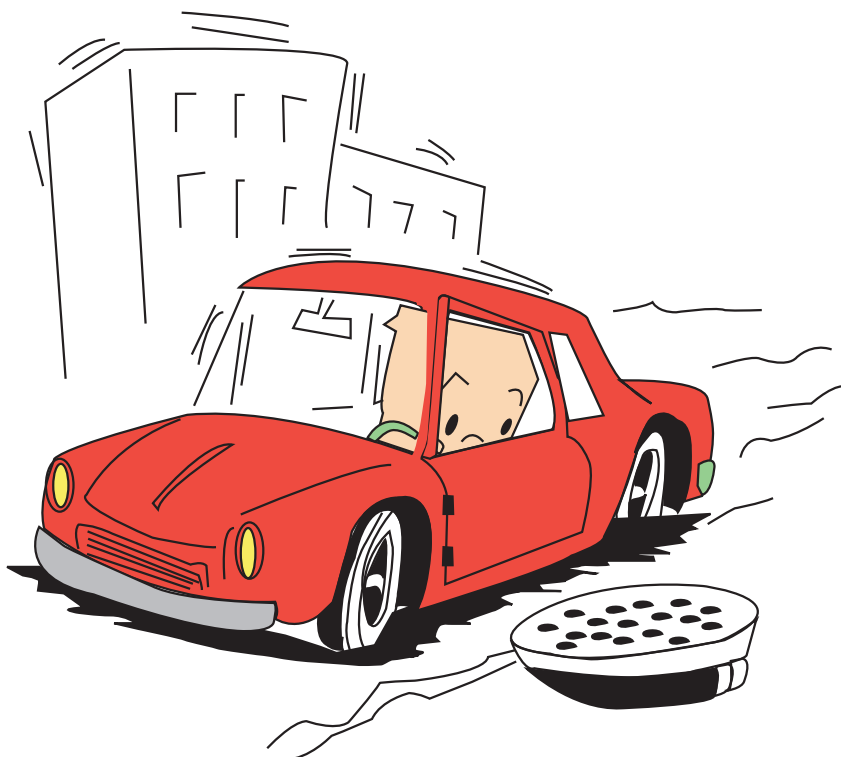
6.2.3 Acciones a tomar si estás en el Colegio

Colócate bajo el pupitre, o escritorio. Trata de mantener la calma y escucha cuidadosamente las instrucciones del profesor. Pon algo sobre tu cabeza como un libro y sin empujones dirígete hacia el lugar indicado en los planes de evacuación previamente establecidos. Una vez llegado al área de evacuación, fórmate y espera mayores instrucciones.



6.2.4 Si estás manejando

En todo terremoto de cierta violencia resulta muy difícil controlar un vehículo en movimiento. El conductor debe aminorar la velocidad en forma lenta, pero inmediata, y estar listo a parar el vehículo al costado del camino o calle. Es necesario evitar el quedar en un cruce bajo nivel o bajo cables de alta tensión. Permanece en el interior del vehículo hasta que pase el temblor.



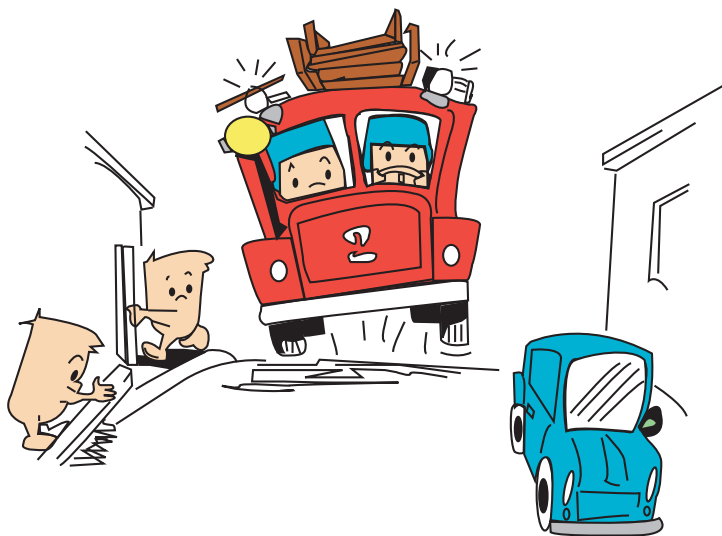
6.3 QUÉ HACER DESPUÉS DEL SISMO

¡MANTÉN LA CALMA!

- Es posible que el temblor que ocurrió sea sólo una parte del terremoto y luego puedan venir réplicas o un sismo de mayor intensidad.
- Revisa si hay heridos y si es necesario aplica primeros auxilios. No muevas a los heridos graves a menos que estén en peligro inmediato.
- Apaga todos los fuegos que estén encendidos y no uses fósforos, velas, etc., debido a posibles pérdidas de gas.
- Si hueles gas, abre las ventanas y cierra la válvula principal de paso de gas y evacúa el edificio.

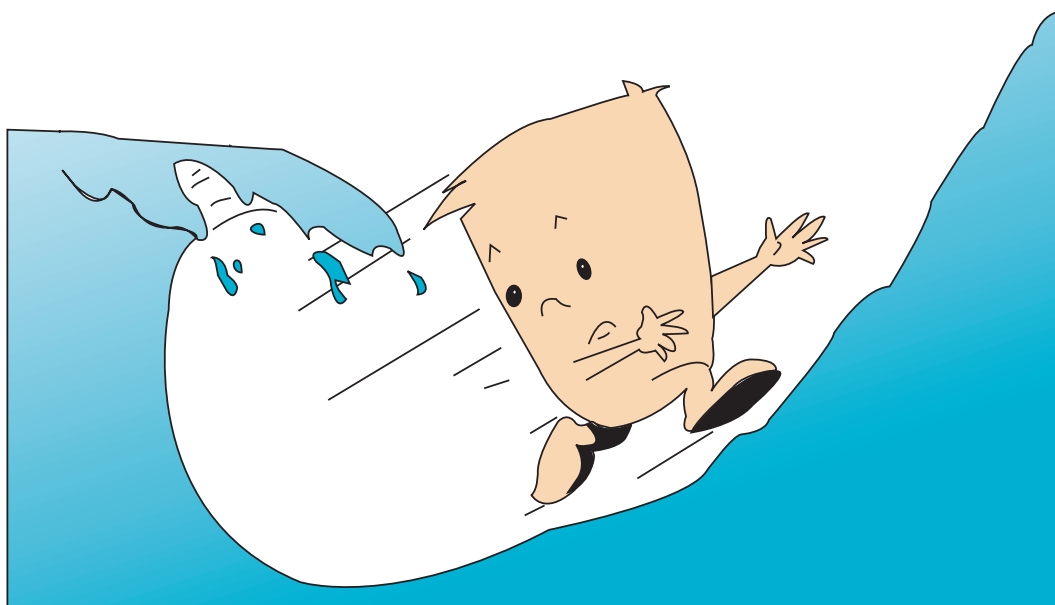
Revisa las fuentes probables de peligros:

- Roturas de cañerías de gas y de agua, rotura de cables eléctricos y de tubos de alcantarillado. Si hay daño en cualquiera de esos sistemas, desconecta los servicios respectivos.
- Revisa si el edificio tiene daños y grietas, incluyendo el techo, chimeneas y fundaciones.
- Revisa tus provisiones de comida y agua. Se puede obtener agua de emergencia de los calentadores de agua, de los cubos de hielo derretidos y de los estanques del WC (es preciso mantenerlos siempre limpios).
- Purifica el agua colándola a través de varias capas de servilletas de papel o de tela limpia e hirviéndola durante seis minutos.
- No comas ni bebas de recipientes abiertos próximos a vidrios rotos.
- No uses el teléfono excepto para llamadas de extrema urgencia o emergencia.
- Usa la radio para obtener instrucciones y noticias de la situación.
- No uses el auto a menos que haya una emergencia. Mantén la calle despejada para los vehículos de emergencia.



6.4 QUÉ HACER EN CASO DE TSUNAMI

Un terremoto cuyo epicentro esté bajo el mar, puede producir desplazamientos verticales del piso oceánico, lo que generará ondas de tsunami. La altura de un tsunami en la costa depende de los siguientes factores: tamaño de los desplazamientos verticales, distancia desde el epicentro y forma de la línea de costa.



6.4.1 Recomendaciones de seguridad.

- a) No todos los terremotos causan tsunamis, pero muchos lo hacen. Cuando escuches que ha ocurrido uno, mantente alerta por si hay emergencia de tsunami.
- b) Un terremoto en tu área es una alarma de tsunami natural. No te mantengas en zonas costeras bajas después que se ha sentido un terremoto.
- c) Un tsunami no es una onda sola, sino una serie de ondas. Mantente, fuera de las zonas de riesgo hasta que las autoridades competentes hayan declarado pasado el peligro.
- d) El tsunami en aproximación a veces es precedido por un aumento o disminución considerable del nivel de las aguas costeras. Esta es la alarma de tsunami de la naturaleza y debe ser tomada en cuenta.
- e) Un tsunami pequeño en un punto de la costa, puede ser muy grande a unos pocos kilómetros de distancia. No dejes que el tamaño modesto de uno te haga perder el respeto por todos ellos.
- f) El Centro de Alarma de Tsunamis del Pacífico no emite falsas alarmas. Cuando se emite una alarma es porque existe un tsunami. El tsunami de mayo de 1960 en Chile, mató 61 personas en Hilo, Hawaii, y ellos pensaron que era sólo "otra falsa alarma."

- g) Todos los tsunamis - como los huracanes - son potencialmente peligrosos, aunque puede que no dañen todos los puntos costeros donde impacten.
- h) Nunca bajes a una playa a mirar un tsunami. Si tú puedes ver una onda de tsunami, estás muy cerca para poder escapar de él.
- i) Tarde o temprano, los tsunamis visitan toda la línea costera en el Pacífico. Las alarmas de tsunami se aplican si tú vives en cualquier zona costera del Pacífico.
- j) Durante una emergencia de tsunami, la Defensa Civil, los bomberos, la policía y otras organizaciones de emergencia tratarán de salvar tu vida. Dales tu mayor cooperación.

A) REPORTAJE

TERREMOTO

¿Preludio al grande?

Por Thomas Y. Canby (Extractado de "NATIONAL GEOGRAPHIC, VOL. 117 , N° 5, MAY 1990")

Como miles de otros californianos, Lee y Terry Peterson habían concurrido al tercer juego de las Series Mundiales esa tarde, para ver a los Gigantes tratando de derrotar a Oakland en el Parque Candlestick. Lejos al sur del parque, el nuevo hogar de los Peterson, su alegría y orgullo, se adhería a un faldeo de las Montañas de Santa Cruz, cerca de una cumbre oscura denominada Loma Prieta.

Dieciocho kilómetros bajo ese hogar y esa cumbre, se jugaba otro juego, en un estadio conocido como la Falla de San Andreas. Aquí dos enormes placas de la corteza terrestre se habían enlazado en un combatiente empuje desde el gran terremoto de San Francisco de 1906. Estos contendores estaban cansados, alcanzando el punto de ruptura. Su juego estaba en la última etapa.

Los Petersons encontraron sus asientos en el parque Candlestick. Con expectación observaban el precalentamiento de los equipos. El reloj marcaba las 5:04. En las profundidades bajo el hogar montañoso de los Petersons una sección de las rocas débiles chasqueó. Los dos lados de la San Andreas se desplazaron en direcciones opuestas. Simultáneamente, el lado oeste de la falla se elevó, levantando las montañas.

El desgarró fue imparable. Por alrededor de 8 segundos la corteza de la Tierra se desgarró a más de dos kilómetros por segundo, por una distancia de 20 kilómetros hacia el norte y hacia el sur. Las encorvadas Montañas Santa Cruz arrancaron la casa de los Peterson de sus fundaciones, partiéndola como una cáscara de huevo.

El fallamiento generó un frenesí de ondas sísmicas. Pusieron a garrapatear a las agujas de los sismómetros de todo el mundo y llevaron un mensaje letal a los californianos. Las ondas que rodaban hacia el sur aporrearón la ciudad de Santa Cruz, sólo a 16 kilómetros del epicentro. Arrasaron su centro comercial y arrebataron cuatro vidas.

Las ondas chocaron con Watsonville, dañando o destruyendo la mayor parte de los hogares y convirtiendo la calle principal en una ciudad fantasma. Las ondas también mutilaron Hollister y agitaron los ricos sedimentos del valle Salinas.

Las ondas que rodaban hacia el norte hicieron ondular el terreno bajo el pintoresco Los Gatos, destruyendo sus casas victorianas y la mitad del distrito comercial. Sacudieron San José, pero la mayor parte de los edificios aguantaron.

Las ondas se extendieron a través de la península, sacudiendo ciudades establecidas en forma segura tales como Palo Alto y Menlo Park. En la Universidad de Stanford encontraron estructuras viejas y quebradizas las torcieron y rompieron.

Por delante se encontraba el Parque Candlestick, repleto con 62.000 fanáticos y preparado para el desastre. Las ondas sacudieron a los Petersons y al resto de los asombrados espectadores. Pero, el Parque Candlestick está fundado en roca y esto venció a las ondas.

Ahora las ondas se estaban debilitando. Con poco efecto, ellas zangolotearon la parte de San Francisco y los pueblos al otro lado de la bahía.

Una cansada vanguardia de las ondas llegó al área de la vieja calle Market de San Francisco y el barrio Marina y el ocupado frente marino de Oakland. Estas áreas están establecidas sobre relleno artificial del terreno. Aquí las ondas encontraron terreno sintonizados con sus propias vibraciones y resonaron como cuerda de guitarra.

Llegaron más ondas y bombearon más energía. La tierra revivió y danzó.

Las vibraciones fluyeron hacia arriba a los edificios y estructuras de las carreteras. Tomando el ritmo, el suelo y las estructuras oscilaban al compás creciente como parejas de un baile. Los edificios del barrio Marina se pandearon; muchos cayeron. Las uniones de las columnas que soportaban la carretera interestatal 880 fallaron, y 44 bandejes de concreto de la carretera, cada uno de 600 toneladas, colapsaron sobre los autos de más abajo. Las ondas empujaron el extremo de nivel bajo él.

En 15 segundos, las vibraciones cesaron. Pero, 63 personas estaban muertas o agónicas. Alrededor de 3.800 personas sufrieron heridas que requerían atención médica. Las ondas dañaron más de 24.000 casas y edificios de departamentos, así como 4.000 negocios. A lo menos mil estructuras encaraban la demolición. Medido en dólares ajustados, el daño a la propiedad se aproximó al causado por el terrible terremoto de 1906, que desencadenó 60 veces más energía. El daño en Loma Prieta superó al causado por el huracán Hugo durante las horas que golpeó el Sudeste.

Así y todo California había sido afortunada. Unos pocos segundos más de sacudidas habría dañado seriamente una unión importante de la carretera Embarcadero en San Francisco, colapsándola como la I-880, y varios miles más de hogares habrían sido dañados o destruidos. Si no hubieran fallado los pernos en el Puente de la Bahía, armaduras oscilantes podrían haber demolido más del trecho vital. Si la Series Mundiales no hubieran clavado a los californianos en sus seguros hogares para mirar la televisión o se agruparan en el protector nido del Parque Candlestick, ¿quién sabe cuántas hubieran sido las víctimas de la carretera.

Con los numerosos heridos, además, llegó un nuevo sentido desconfianza entre los californianos, la creencia que estaban haciendo muchas cosas correctas acerca de los temblores. Algunas de las cosas a favor:

El relativo bajo nivel de los daños.

El valor de la preparación de emergencia. Horas después del sismo, se abrieron refugios desde el barrio Marina hasta Hollister. Aunque parcialmente manejados por legiones de voluntarios espontáneos, estos centros neurálgicos han sido cuidadosamente planificados. A lo largo del año, la Cruz Roja, la Oficina de Servicios de Emergencia del Estado y otras agencias, efectuaron ensayos que dieron frutos en la respuesta del 17 de octubre.

La mayor confiabilidad en el pronóstico de sismos. En 1988, la estimación de las probabilidades de sismo a lo largo de la Falla de San Andreas, publicado por el Servicio Geológico de los EE.UU., había asignado al segmento de más al sur, en Santa Cruz, la probabilidad más alta de deslizamiento para el norte de California.

La respuesta humana. Como un grifo abierto, el sismo liberó un diluvio de preocupación y bondad. Surgieron voluntarios como si salieran de la tierra, dirigiendo el tránsito en las calles oscurecidas, consolando a los aterrorizados con una palabra y un abrazo, sacando a los heridos y los muertos.

B) RESUMEN DEL CAPÍTULO

- Los sismos no pueden ser pronosticados. Debemos prepararnos conociendo lo que se espera que suceda y conociendo qué hacer antes de un terremoto.
- Los peligros más probables que ocurran son: el colapso de edificios, heridas debido a la caída de objetos, incendios, electrocución y explosiones de gas.
- Las acciones para minimizar el riesgo son: conocer los lugares seguros, conocer los lugares peligrosos, efectuar ejercicios de práctica, aprender primeros auxilios y resucitación cardiopulmonar, mantener un listado telefónico de números de emergencia, aprender como cerrar las llaves de paso del gas, el agua y como cortar la electricidad.
- No te dé pánico durante el terremoto.
- Los lugares abiertos son los lugares más seguros durante un terremoto.
- Si no es posible acceder a un espacio abierto, busca refugio bajo muebles robustos.
- No uses los ascensores durante el terremoto.
- Si manejas un vehículo, disminuye la velocidad y estacionate al costado de la calle o del camino.
- Ten cuidado con las réplicas
- Después del terremoto busca los problemas como fugas de gas o agua, incendios, grietas y edificios dañados
- Enciende tu radio portátil para escuchar las noticias y las instrucciones que se den.
- Si vives cerca de la costa, prepárate a seguir las recomendaciones de seguridad en caso de tsunami.

C) PREGUNTAS /PROBLEMAS

1. Describe los riesgos que se producirán con mayor probabilidad durante un terremoto.
2. Nombra cinco acciones a tomar antes de la ocurrencia de un terremoto con el objeto de minimizar el riesgo.
3. Describe las acciones principales a efectuar durante la ocurrencia de un terremoto.
4. Enumera las cosas que NO DEBEN HACERSE durante un terremoto.
5. Describe las acciones a tomar después que pare el terremoto.
6. Enumera las cosas que NO DEBEN HACERSE después del terremoto.
7. Describe las principales recomendaciones en caso de tsunami.

D) CUESTIONARIO DEL CAPÍTULO

Selección múltiple. Selecciona y marca la letra que mejor complete la frase o que conteste la pregunta.

1. Para estar seguro durante un terremoto uno debería:
 - a) mantenerse cerca de una ventana
 - b) mantenerse cerca de una chimenea
 - c) ir a un espacio abierto
 - d) ninguno de los anteriores
2. Si estás en el colegio y ocurre un terremoto, deberías:
 - a) arrancar
 - b) ponerse bajo el pupitre
 - c) apagar la electricidad
 - d) ir hacia la ventana
3. Si estás manejando un auto cuando comienza el terremoto, deberías:
 - a) tocar la bocina
 - b) conducir lentamente
 - c) detener el auto
 - d) ninguno de los anteriores
4. Después que termina el terremoto, deberías:
 - a) ir al área afectada
 - b) manejar rápidamente hacia tu casa
 - c) apagar tu radio
 - d) buscar los peligros
5. Si vives en la costa y ocurre un terremoto, deberías:
 - a) mantenerse cerca de la costa
 - b) ir a lugares altos lo más rápido que puedas
 - c) tener cuidado con las réplicas
 - d) ninguno de las anteriores

GLOSARIO

Asísmico	:	Sin sismos, no asociado con un sismo.
Batolito	:	Cuerpo irregular de rocas intrusivas de grandes dimensiones, que no muestra signos de poseer una base.
Bolsada	:	Similar a batolito, pero de dimensiones inferiores.

Convección :	En general, movimientos de masa dentro de un fluido que resulta en el transporte y mezcla de las propiedades de ese fluido. La convección es el principal medio de transporte de energía.
Densidad :	La masa de un objeto dividida por su volumen. Bajo ciertas condiciones el "peso" por unidad de volumen.
Difracción :	La curvatura de una onda en un cuerpo de agua alrededor de un obstáculo, e.g. la interrupción de un tren de ondas por un rompeolas u otra barrera.
Fluido :	Materia en forma líquida.
Geología :	Ciencia que, estudia la Tierra mediante observación directa de las rocas, ya sea que estén expuestas superficialmente o mediante pozos perforados, y la deducción de su estructura, composición o historia mediante el análisis de tales observaciones.
Lacolito :	Manto de roca intrusiva con un techo claramente arqueado dando lugar a una forma similar a un hongo.
Meso :	Prefijo que, significa "en medio de".
Moho :	Discontinuidad de Mohorovicic, la superficie, de discontinuidad brusca de las velocidades de las ondas sísmicas, que separa a la corteza de la Tierra del manto que se encuentra por debajo de ella.
Propagación de ondas :	La transmisión de ondas a través de un cuerpo.
Propiedades elásticas :	Conjunto de propiedades físicas de un cuerpo sólido que muestran como éste se deforma ante un esfuerzo determinado.
Refracción :	La deflexión de un rayo de luz o de una onda de energía (tal como una onda sísmica), debida a su paso desde un medio a otro de diferente densidad, lo que cambia su velocidad.
Rocas intrusivas :	Rocas ígneas en estado líquido, que han sido inyectadas en otras rocas bajo la superficie del terreno.
Rocas extrusivas :	Rocas ígneas en estado líquido que afloran a la superficie del terreno.
Sedimento :	Materia que se asienta en el fondo del mar, en el fondo de un lago o en las riberas de los ríos.
Sísmico :	Pertinente a un sismo o vibración de la Tierra, incluyendo aquellos que son inducidos artificialmente.
Sismología :	El estudio de los sismos y de la estructura de la Tierra, mediante ondas sísmicas generadas natural o artificialmente.

Tectónica	:	El estudio de los grandes rasgos estructurales de la Tierra y de sus causas; pertinente a la estructura y deformación de la corteza de la Tierra.
Topografía	:	La configuración general de la superficie del terreno de cualquier parte de la superficie de la Tierra, incluyendo su relieve y la posición de sus rasgos naturales y la de los hechos por el hombre; a menudo el término es utilizado para denotar las características de elevación solamente.
Viscoso	:	Que se resiste a fluir como un líquido.

SIGLAS UTILIZADAS

ITIC	:	International Tsunami Information Center (Centro Internacional de Información de Tsunami).
PTWC	:	Pacific Tsunami Warning Center (Centro de, Alarma de Tsunami del Pacífico).
SAT	:	Sistema de Alarma de Tsunami.
COI	:	Comité Oceanográfico Intergubernamental.
UNESCO: las	:	United Nations Education and Science Commission (Comisión de Naciones Unidas para la Educación y la Ciencia).
GIC/ITSU:	:	Grupo Internacional de Coordinación para el Sistema de Alarma de Tsunami en el Pacífico