

Terremotos

**Nuestro planeta vibra
bajo el poder de su energía**



CORDOBENSIS
PROGRAMA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA
PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Sagripanti, Guillermo Luis

Terremotos: nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía / Guillermo Luis Sagripanti; Anabela Bettioli; Carina Seitz - 1a ed. - Córdoba: Agencia Córdoba Ciencia, 2007.

28 p.; 29x21 cm. (Programa de Divulgación Científica para la Enseñanza de las Ciencias - CORDOBENSIS)

ISBN 978-987-1353-03-3

1. Geología. 2. Terremotos. 3. Sismología. I. Bettioli, Anabela II. Seitz, Carina III. Título

CDD 551.22

Autores:

Guillermo Sagripanti

Anabela Bettioli

Carina Seitz

Esta publicación ha sido editada por el Área de Promoción Científica de la Agencia Córdoba Ciencia S.E.

Primera edición: Noviembre de 2007

Hecho el depósito de ley.

Impreso en Argentina - 2007

1000 ejemplares

Todos los derechos reservados.

Prohibida su reproducción total o parcial.

Prefacio

Nuestra pretensión es que los conocimientos y avances vertidos en la presente contribución puedan convertirse en un aporte a la formación y actividades de los docentes en la temática de un fenómeno natural, a veces catastrófico, como un terremoto; y que genere conciencia sísmica para aprender a actuar en los hogares y en la escuela antes, durante y después de un sismo. Asimismo, por intermedio de los docentes, deseamos llegar a cada alumno y, aprovechando su condición natural de agentes multiplicadores, entrar en los hogares de la provincia de Córdoba. Estamos convencidos de que hoy la prevención y la concientización son los únicos medios con que contamos para hacer frente y mitigar los daños y consecuencias que pueda crear la ocurrencia inesperada de este tipo de fenómeno natural.

El propósito de este trabajo es facilitar un acercamiento de los educadores a temas vinculados con la geología y sismología en general, y a las incidencias ambientales en caso de la ocurrencia de un sismo. ¿Por qué se genera un terremoto?, ¿dónde?, ¿cómo se mide?, ¿hubo terremotos fuertes en Córdoba?, ¿cómo hacer para protegernos? Estas y otras preguntas encontrarán una respuesta sintética en el presente texto. Actualmente, desde las distintas ramas de las ciencias y de la técnica, se hacen aportes tendientes a lograr el mayor desarrollo posible del hombre, disminuyendo al mínimo tanto las incidencias negativas sobre el medio como los riesgos a los que está sometida la población. Es por ello que esperamos que esta información favorezca un cambio de actitud para actuar en defensa de nuestra integridad y bienes.

Desde hace varios años estamos comprometidos con esta problemática, y como habitamos la región central de la República Argentina, donde han tenido ocurrencia terremotos destructores en el pasado, sabemos que se repetirán en el futuro y sólo se conoce parcialmente el peligro sísmico de algunas fallas geológicas. A ello se suma el "estado de negación sísmica" de la población; por lo tanto queremos despertar y construir conciencia sísmica en los docentes y alumnos de la provincia.

Finalmente, nosotros sentimos la necesidad de participar y transferir nuestros conocimientos y avances al ámbito educativo. Entre todos **conozcamos y prevengamos**; y también unamos nuestros esfuerzos para revertir el **estado de negación sísmica** que nos hace tan **vulnerables** frente a esta **geoamenaza**, lo que indudablemente nos asegurará una mejor calidad de vida futura.

Guillermo SAGRIPANTI, Anabela BETTIOL y Carina SEITZ



¡HOLA, ME LLAMO SISMO
Y LES PIDO QUE
CONSERVEN ESTE
CUADERNILLO PORQUE PUEDE
AYUDARLES EN CASO
DE UN SISMO!

“Un mal terremoto destruye en un momento las más viejas asociaciones; el mundo, el verdadero símbolo de todo lo que es sólido, se movió debajo de nuestros pies como una corteza sobre un fluido; un segundo de tiempo creó en la mente un sentimiento de inseguridad, que horas de reflexión no lo producirán”.

Charles Darwin

(Reflexiones sobre el terremoto del 20 de febrero de 1835
en la ciudad de Concepción, Chile)

Introducción

Se considera un **terremoto** como una liberación repentina de energía acumulada en las rocas del interior de la tierra; las cuales al romperse generan ondas sísmicas que se propagan en todas direcciones hasta la superficie terrestre, donde en muchos casos producen importantes daños. La ocurrencia de estos fenómenos naturales se debe a un constante reajuste geológico de nuestro planeta.

Los terremotos destructores constituyen una de la más grandes amenazas naturales, ya que históricamente han causado un sin número de pérdidas de vidas y materiales en distintos lugares de la Tierra. Se estima que, entre los años 1960 y la actualidad, han generado en todo el mundo las pérdidas de más de 439.000 vidas y pérdidas económicas que superarían los 65 billones de dólares.

El desarrollo de centros urbanos sin la correspondiente planificación ha provocado en algunos países el asentamiento de poblaciones en lugares poco adecuados. Esto, sumado al acelerado aumento del número de habitantes por crecimiento y migración de la población rural hacia esos espacios inadecuados, exige de las autoridades de gobierno el ordenamiento de la infraestructura pre-existente, como así también la planificación futura que asegure un uso racional del territorio.

Conceptos geológicos básicos para comprender el origen de los terremotos

Debido a que la mayoría de los terremotos son originados por fuerzas tectónicas, las cuales actúan sobre las rocas hasta el límite de su resistencia, después rompen y generan fallas o reactivan fallas pre-existentes, debemos conocer más acerca de la estructura interna de la Tierra, de la tectónica de placas y de las fallas geológicas.

Estructura interna de la Tierra

Para lograr el conocimiento del interior de nuestro planeta debemos recurrir a estudios geológicos que aportan datos por métodos directos e indirectos. Los métodos directos son los que menor información proporcionan acerca de la naturaleza del interior de la Tierra, debido a que sólo se puede explorar a miles de metros de profundidad desde la superficie por medio de perforaciones (se calcula que la mayor profundidad alcanzada sólo supera los 10 km), o bien mediante el análisis de los datos que suministran los materiales más profundos que llegan a la superficie por medio de las erupciones volcánicas. La mayor información del interior del planeta, tomada desde la superficie, la aportan los métodos indirectos principalmente geofísicos.

La mayoría de la información sobre la composición y estructura interna de la Tierra ha sido obtenida por medio de estudios geofísicos, que están basados en la sismología, mediante el análisis de las trayectorias de las ondas sísmicas en el interior del planeta.

La Tierra tiene una estructura interna formada por varias capas, que poseen diferentes composiciones químicas y comportamiento geológico (Figuras 1.A y 1.B).

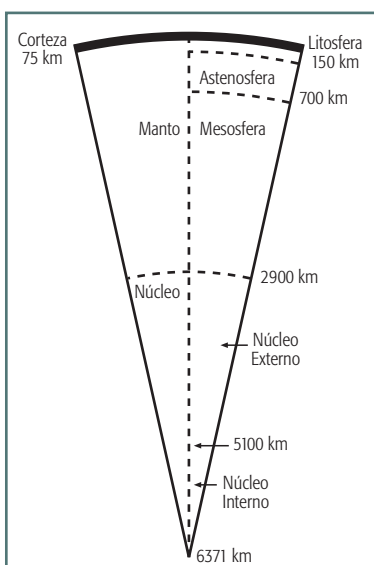


Figura 1.A

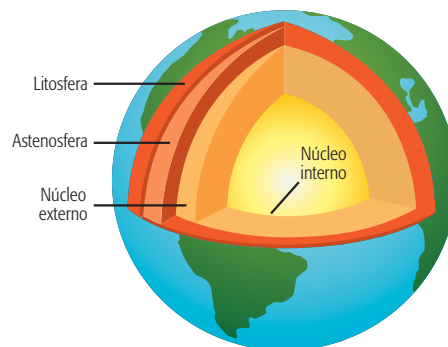


Figura 1.B

a) De acuerdo a la geoquímica de los materiales se divide en:

- **Corteza:** Esta formada por corteza continental y oceánica, es la capa más superficial de la Tierra, como una cáscara sólida que “flota” sobre el manto. Posee un espesor no uniforme, ya que debajo de los océanos no supera los 10 km, mientras que en los continentes su espesor varía entre 35 y 75 kilómetros.
- **Manto:** Es una capa intermedia ubicada inmediatamente debajo de la corteza, que llega hasta el núcleo, donde tienen lugar las corrientes convectivas (una zona de un fluido es calentada y pierde densidad, asciende hacia la superficie, se enfría y vuelve a descender). Su espesor es menor a 2.900 km y está dividido en manto externo e interno.
- **Núcleo:** Capa que se encuentra debajo del manto, y que posee una densidad entre 10 y 13 g/cm³, debido a la abundancia de hierro, y en menor cantidad níquel y Azufre.

b) De acuerdo al comportamiento geológico se divide en:

- **Litosfera:** Se comporta de manera elástica, tiene un espesor promedio de 150 km y comprende la **corteza** y parte del **manto** externo.
- **Astenosfera:** Es la porción del manto que se comporta de manera fluida. Llega hasta una profundidad de 700 km.
- **Mesosfera:** También llamada “manto interno” se encuentra entre los 700 km y 2.900 km de profundidad.
- **Núcleo:** Es la capa más profunda del planeta y tiene un espesor de 3.475 km. Se subdivide en el núcleo interno, el cual es sólido, y el núcleo externo, líquido.

Tectónica de placas

La corteza está dividida en numerosos fragmentos (similares a piezas de un rompecabezas), cada uno de los cuales conforma una **placa tectónica**, que se mueven impulsados por las corrientes convectivas del manto. Estos fragmentos producen la expansión del fondo oceánico, punto de partida para la elaboración de la teoría de la Tectónica de Placas. Esta teoría explica la génesis de las cadenas de montañas y, en general, todos los aspectos de la evolución geológica de la corteza terrestre.



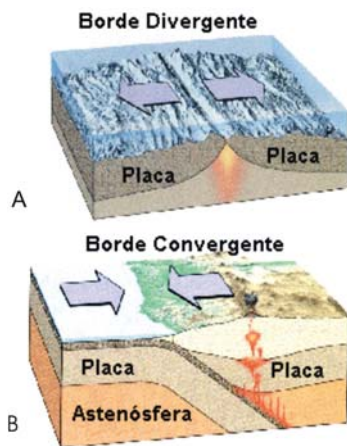
Los terremotos que son producidos por fuerzas geológicas, desde el punto de vista científico, son considerados los más importantes por la información que proveen acerca del interior de la Tierra y por sus incidencias, a veces desastrosas, sobre las poblaciones.

Se considera que el origen de la gran mayoría de los terremotos es tectónico; otros tipos de terremotos son los originados por las erupciones volcánicas, denominados **volcánicos**. Debido a esfuerzos tectónicos suceden en forma conjunta terremotos y volcanes, aunque no necesariamente se producen al mismo tiempo.

Los terremotos tectónicos suelen suceder en zonas donde la concentración de fuerzas, generadas por los límites de las placas tectónicas, da lugar a movimientos de reajuste en la corteza terrestre. Es por ello que los sismos con este origen están íntimamente asociados con la formación o reac-

tivación de fallas geológicas.

En los límites de las placas normalmente se presenta la mayor actividad tectónica (sismos, formación de montañas, actividad volcánica), ya que es donde se produce la interacción entre las mismas. Hay tres clases principales de límite o borde:



- **Divergentes:** Bordes que existen entre dos placas tectónicas (de corteza oceánica) que se separan, lo que produce un ascenso del material del manto desde el interior de la Tierra, creando nueva corteza oceánica (Figura 2.A).

- **Convergentes:** Son límites en los que una placa choca contra otra. En el caso de que una de las placas se hunda debajo de la otra (entre dos placas de corteza oceánica o una continental con una oceánica) forman una zona denominada de **subducción**, o un **cinturón orogénico** si las placas chocan y se comprimen (normalmente entre dos placas continentales). Son también conocidos como **bordes activos** (Figura 2.B).

Figura 2 (Fuente: Tarbuck, E.-Lutgens, F., 1999).

- **Transformantes:** Son los bordes de desplazamiento de una placa tectónica respecto a la otra, normalmente asociados a dorsales oceánicas o bordes divergentes.

Falla geológica

Una **falla geológica** es una discontinuidad o ruptura en la roca que forma la corteza terrestre, acompañada por el desplazamiento de los bloques adyacentes a ella. En algunos casos estas rupturas no llegan a la superficie, por lo tanto resultan más difíciles de ubicar; en otros interceptan la superficie de la Tierra, generando resaltos o escalones en el paisaje. Estos escalones muchas veces producen una interrupción en el escurrimiento superficial, cortan o desvían ríos y arroyos; en algunos casos también favorecen la formación de lagunas. Un ejemplo en el sur de la provincia de Córdoba es la falla Las Lagunas, ubicada entre las localidades de Sampacho y Achiras (Figura 3).



Figura 3

Elementos de una falla

La zona de ruptura tiene una superficie más o menos bien definida que denominamos **plano de falla** (Figura 4). Se puede reconocer fácilmente en el campo porque la roca se encuentra muy fracturada y en algunos casos molida (harina de falla). A la pared subvertical o escalón que sobresale en la superficie (paisaje) la denominamos **escarpa de falla**.

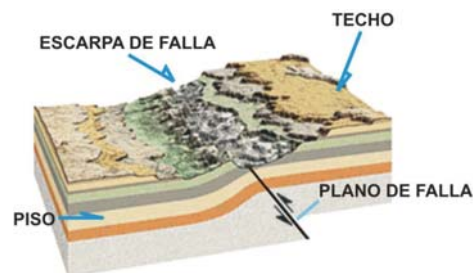


Figura 4 (Fuente: Tarbuck, E.-Lutgens, F., 1999).

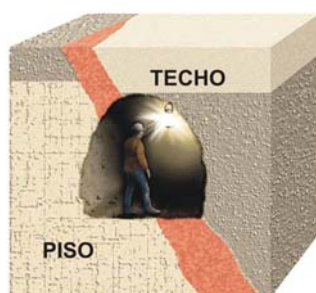


Figura 5 (Fuente: Tarbuck, E.-Lutgens, F., 1999).

Para describir la posición del techo y el piso de una falla, se utilizará el ejemplo de un minero que excavó a lo largo del plano de falla (Figura 5). El bloque sobre el plano de falla lo llamaremos **techo** (en la figura la lámpara cuelga del techo) y el bloque debajo del plano es el piso (el minero está parado sobre el piso).

Tipos de fallas

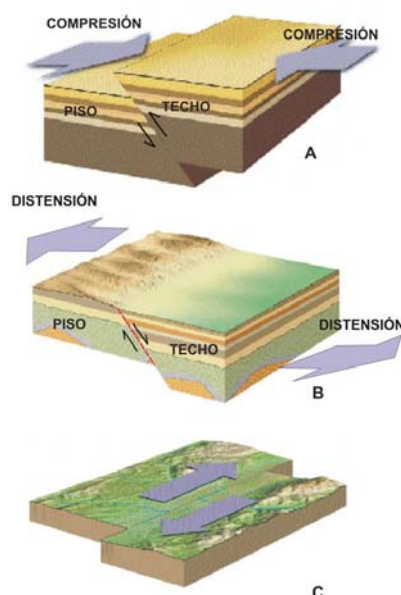


Figura 6 (Fuente: Tarbuck, E.-Lutgens, F., 1999).

A partir de cómo ha sido el movimiento relativo entre los bloques de una falla y de la posición de los esfuerzos que le han dado origen, los principales tipos de fallas que podemos reconocer son:

- **Falla inversa:** se genera por una compresión horizontal, donde el bloque del techo sube con respecto al bloque de piso (Figura 6.A).
- **Falla normal:** se genera por tensión horizontal (distensión), donde normalmente el bloque del techo se desliza hacia abajo (Figura 6.B).
- **Falla de rumbo:** en esta falla el plano se encuentra vertical y el movimiento relativo de los bloques es horizontal, a lo largo del plano de ruptura (Figura 6.C).

A las fallas geológicas a las que se les puede comprobar que han tenido actividad sísmica asociada, se las considera como **sismogeneradoras**.

Un importante ejemplo de fallamiento que podemos visitar, es el que forma parte del borde occidental de la Sierra Chica de Córdoba, en la localidad de Santa Rosa de Calamuchita (Figura 7). Como resultado de esfuerzos compresivos, las litologías de edad más antigua (542 millones de años) que forman el techo de la falla se encuentran sobre la litología más joven (alrededor de 2 millones de años). Podemos imaginar la magnitud de los esfuerzos compresivos que han actuado en toda la sierra.



Figura 7

Conceptos sismológicos básicos para comprender los terremotos

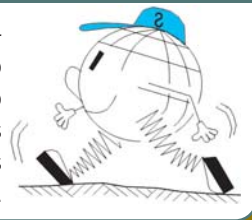
Terremoto

Como dijimos anteriormente, un terremoto es la liberación repentina de energía de deformación elástica, acumulada en las rocas del interior de la tierra; las cuales al romperse generan ondas sísmicas, que se propagan en todas direcciones y son percibidas en la superficie terrestre como vibraciones o movimientos. En algunos casos, cuando las ondas se refractan a la atmósfera, se perciben en forma sonora.

Es importante resaltar que terremoto significa “movimiento de tierra”, por lo tanto se puede utilizar el término en forma indistinta para hacer referencia a movimientos o vibraciones, tanto leves o moderados como fuertes.

Los eventos ocurridos con anterioridad a las crónicas y registros históricos se denominan paleoterremotos o terremotos prehistóricos.

¿Sabías que el nombre que le asignan los pobladores, el periodismo y los científicos a un mismo evento sísmico es muy diverso? En general, lo consideran **microsismo** si el movimiento es leve; si es moderado, **temblor** o **sismo**; y si es fuerte y provoca daños, **terremoto**.



¿Cómo se reconocen los paleoterremotos?

Las deformaciones que se hayan generado en los niveles de sedimentos (arcillas, limos, arenas), son consideradas como evidencias o “rastros” de los terremotos, y nos permiten reconstruir el registro de sismos prehistóricos de una región, conocer su magnitud y cada cuánto tiempo se repiten, especialmente en zonas de intraplaca (centro de la placa,) donde éste es prolongado.

¿Qué importancia tienen?

Nos ayudan a conocer la sismicidad del pasado, que es la llave para predecir los sucesos futuros. Por lo tanto, la información que proveen es fundamental para la planificación urbana (ubicación de barrios, edificios, puentes, centros sanitarios, etc).

¿Cómo se buscan las evidencias?

Realizando excavaciones o trincheras, transversales a una falla, y relevando las evidencias dejadas por algún terremoto en las paredes de las mismas. Estos datos, después de un análisis e interpretación, aportan una valiosa información para la reconstrucción de la sismicidad ocurrida en el pasado.

Un ejemplo de este tipo de actividades se muestra en la Figura 8, donde alumnos del Departamento de Geología de la UNRC están trabajando en una trinchera abierta en la falla Las Lagunas, próxima a la localidad de Sampacho.



Figura 8

Ciclo sísmico



¿Sabías que un terremoto ocurre cuando se cumple un ciclo al que denominamos **ciclo sísmico**?

Este ciclo está formado por cuatro etapas principales: **1. Intersísmica**, en la que se tiende a un equilibrio y se produce la acumulación de energía potencial. **2. Presísmica**: en ésta comienza la manifestación y reconocimiento de signos precursoros, como por ejemplo la ocurrencia de microsismos considerados premonitores. **3. Cosísmica**: etapa en la que se produce la conversión y liberación espontánea de la energía acumulada, es decir, ocurre el terremoto principal. **4. Postsísmica**: es la etapa de transición a un nuevo equilibrio, donde son comunes las réplicas, sismos de menor energía que disminuyen en magnitud y frecuencia a lo largo del tiempo.

“La operación que da origen a un terremoto es normalmente comparada con la de una máquina, la cual acumula energía potencial desde una fuente profunda e instantáneamente convierte parte de ella en energía cinética” (Matuzawa, 1964. En: Kasahara, 1981).



¿Sabías que el hombre también puede producir terremotos? Se denomina a estos sismos **inducidos** y son provocados por, al menos, cuatro actividades desarrolladas por el hombre: ensayos de armas nucleares (explosiones), construcción de represas para formar grandes espejos de agua, inyección de líquidos en los poros y grietas de las rocas de la corteza terrestre, y la actividad minera donde se realicen túneles o excavaciones.

El intervalo de tiempo que transcurre entre la ocurrencia de dos terremotos similares, asociados a la misma falla geológica, se denomina **recurrencia**. Normalmente los períodos de recurrencia en las zonas de borde de placa son mucho más cortos que en las zonas de intraplaca.

Ondas sísmicas

El movimiento sísmico se propaga mediante ondas elásticas (similares al sonido), a partir del punto donde se genera el sismo. Las principales ondas sísmicas son las **internas** (P y S) que sólo viajan por el interior de la Tierra y las ondas **superficiales** (Love y Rayleigh) (Figura 9).

- **Ondas longitudinales, primarias o P:** tipo de ondas internas que se propagan a una velocidad de entre 8 y 13 km/s y en el mismo sentido que la vibración de las partículas. Circulan por el interior de la Tierra, atravesando tanto líquidos como sólidos. Son las primeras que registran los instrumentos de medida, de ahí su nombre P o primarias.
- **Ondas transversales, secundarias o S:** son ondas internas más lentas que las anteriores (entre 4 y 8 km/s) y se propagan perpendicularmente en el sentido de vibración de las partículas. Atraviesan únicamente los sólidos y se registran en segundo lugar en los instrumentos de medida (sismógrafos).
- **Ondas superficiales:** son las más lentas de todas (3,5 km/s), producto de la interacción entre las ondas P y S a lo largo de la superficie de la Tierra, y las que normalmente generan más daños. Se propagan a partir del epicentro y son similares a las ondas que se forman sobre la superficie del mar. Este tipo de ondas (Love, Rayleigh) se registran en último lugar en los instrumentos de medida.

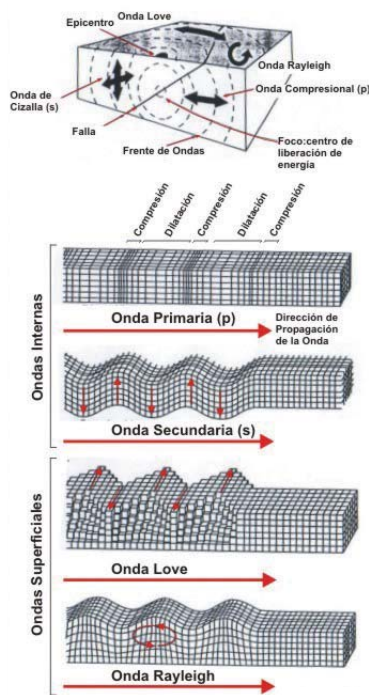


Figura 9 (Fuente: Bolt, 1988).

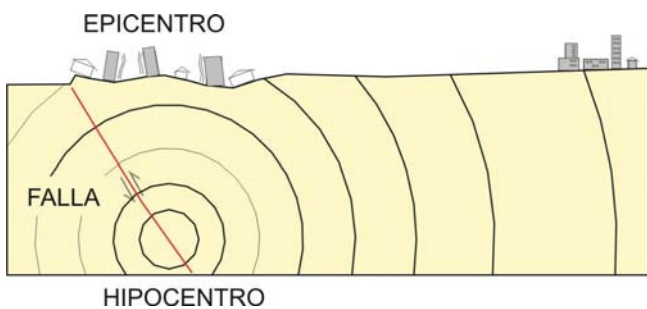


Figura 10

El epicentro de un terremoto es el área de la superficie terrestre ubicada verticalmente sobre el hipocentro, y es allí donde el sismo alcanza la mayor intensidad (Figura 10).

Se llama **hipocentro** de un terremoto a la zona en el interior de la tierra, donde se genera la liberación de energía que origina el movimiento sísmico. En los terremotos tectónicos coincide con el plano de falla en profundidad.

Se llama **hipocentro** de un terremoto a la zona en el interior de la tierra, donde se genera la liberación de energía que origina el movimiento sísmico. En los terremotos tectónicos coincide con el plano de falla en profundidad.

¿Cómo medimos un terremoto?

Para conocer la fuerza o energía de un terremoto, ya sea para tener una idea sobre cuán destructor puede ser, como para compararlo con otros sismos, contamos con herramientas y metodologías con las que podemos medir: su **intensidad** (la fuerza con que es percibido) por medio de escalas; su **magnitud** (energía liberada) por el registro en sismógrafos, y en algunos casos la **aceleración** que genera en el suelo (medida como un porcentaje de la aceleración de la gravedad), por medio de acelerógrafos.

El **sismógrafo** es un instrumento diseñado para registrar movimientos o agitaciones del suelo. Básicamente se trata de un marco o estructura solidaria o fija al suelo, de la que se encuentra suspendida una masa, siendo ésta independiente de los movimientos que pueda experimentar la estructura (Figura 11).

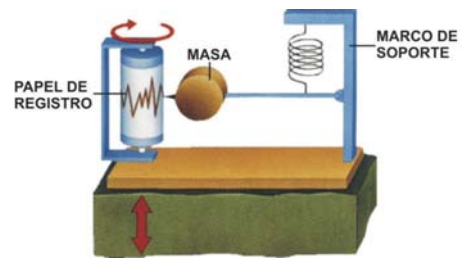


Figura 11 (Fuente:www.thinkquest.org).

Si la estructura se mueve cuando es afectada por el frente de ondas sísmicas, la inercia de la masa hace que ésta quede estacionaria con respecto al movimiento de la estructura. El movimiento relativo entre ambas (masa-estructura), ya sea vertical u horizontal, es registrado por una pluma con tinta, en un papel enrollado a un cilindro que gira. Así se logra un registro que se llama sismograma. En la actualidad estos movimientos son registrados en papel fotográfico o cintas magnéticas.



¿Sabías que la **intensidad** es la fuerza, la violencia del movimiento o la agitación de la tierra en **una región**?

La **intensidad** se mide en función de los efectos y daños que provoca en la gente, en el medio natural y en las infraestructuras, por medio de distintas escalas. Una de éstas es la escala subjetiva de 12 grados, denominada escala Mercalli Modificada (MM) (Figura 12).

Los distintos grados de la escala están directamente relacionados con la distancia al epicentro, es máxima en éste y disminuye a medida que nos alejamos del mismo.

Escala de intensidades de Mercalli

| | |
|--|--|
| 1  Detectado sólo por instrumentos. | 4  Sentido dentro y fuera de casas y edificios. |
| 2  Percibido por personas en reposo. | 5  Casi todos lo sienten. Algunos objetos se caen. |
| 3  Sentido dentro de casas y edificios. | 6  Sentido por todos. Daños leves en algunas construcciones. |







| | |
|---|---|
| <p>7  Daños ligeros en estructuras de buen diseño, moderado en estructuras corrientes y considerables en las malas.</p> | <p>10  Destrucción seria en edificios bien construidos.</p> |
| <p>8  Daños leves en estructuras bien diseñadas, considerables en las corrientes y grandes en las malas.</p> | <p>11  Casi nada queda en pie, fisuras en el piso.</p> |
| <p>9  Daños considerables en construcciones bien diseñadas, grandes en las corrientes y malas.</p> | <p>12  Destrucción total, catástrofe.</p> |

Figura 12

La magnitud de un sismo se determina a partir de los datos obtenidos de un sismograma. Existen diferentes escalas para medir la energía de un terremoto, siendo la más usada la de Richter. Ésta es una escala abierta, es decir que, no tiene límite superior. Los sismos registrados que han alcanzado las mayores magnitudes son: el ocurrido en la ciudad de Valdivia (Chile) el 22 de mayo de 1960, el cual alcanzó la M 9,5; y el sismo submarino ocurrido al este del océano Índico (Indonesia) el 26 de diciembre de 2004, con una magnitud M 9,2.

¿Sabías que la **Magnitud (M)** de un terremoto es una medida de la energía total liberada en el hipocentro?

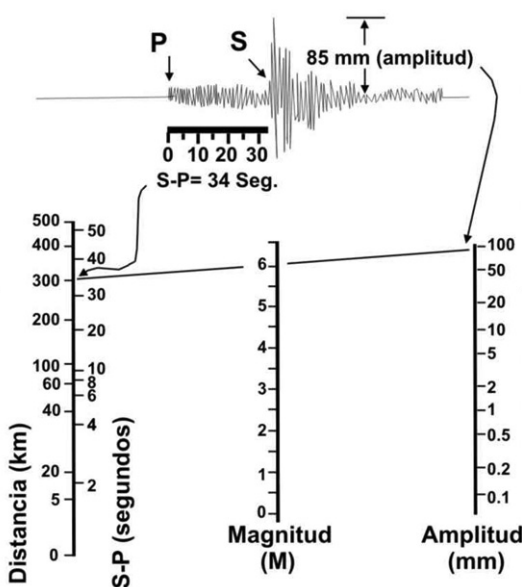


Figura 13 (Fuente: Bolt, 1988).

Una forma práctica de determinar la magnitud de un terremoto en una estación sismológica, es contando con un sismograma de donde se puede extraer la diferencia de tiempo entre la llegada de la onda S y P (que se reconoce por un cambio en la amplitud del registro en el sismograma), como también la amplitud de la onda registrada. Con los datos obtenidos distancia-tiempo y amplitud se ingresa en una tabla similar a la de la **Figura 13**, y se traza una línea recta entre la escala de la izquierda que se une con la del extremo derecho; de esa manera en la escala del centro podemos estimar la magnitud del sismo.

Acompañando a un terremoto principal suelen suceder sismos de menor magnitud, días antes momentos después de la ocurrencia del fenómeno. Éstos son denominados sismos **premonitores** y **réplicas** (aftershock), respectivamente.

¿Sabías que a cada sismo le corresponde una única **Magnitud**?



¿Sabías que la energía que libera un terremoto de 6 grados de magnitud es 32 veces mayor que uno de 5 grados?

| Si la diferencia de magnitud entre dos sismos es de... | entonces la diferencia de energía es... |
|--|---|
| 5 | 32.000.000 |
| 4 | 1.000.000 |
| 3 | 32.000 |
| 2 | 1.000 |
| 1 | 32 |
| 0.9 | 22.4 |
| 0.8 | 16 |
| 0.7 | 11.2 |
| 0.6 | 8 |
| 0.5 | 5.6 |
| 0.4 | 4 |
| 0.3 | 2.8 |
| 0.2 | 2 |
| 0.1 | 1.4 |

Fuente: UNDRO/MND, 1990.

Los sismos premonitores son pequeños temblores que a veces anticipan a terremotos de mayor intensidad; y generalmente sólo son percibidos por instrumentos y en algunos casos por las personas en reposo. Las réplicas son sacudidas menores, que normalmente siguen a un terremoto de magnitud entre moderada y fuerte; muchas veces estas sacudidas derrumban las estructuras que han quedado debilitadas.

¿Cómo localizamos el epicentro de un terremoto?

Antiguamente, y con anterioridad a la invención del sismógrafo, la ubicación epicentral se hacía considerando la manera en que era percibido por los habitantes y por los daños. En la actualidad la localización epicentral de la mayoría de los terremotos se determina a partir de la diferencia entre el tiempo que tardan las ondas S y P en llegar desde el hipocentro (foco) hasta una estación sismológica (sismógrafo) y que es proporcional a la distancia entre los dos puntos.

Se debe contar con el registro del tiempo de llegada de las ondas S y P de, al menos, tres estaciones sismológicas para realizar una triangulación, y



- ⊗ Epicentro
- Estación Sismológica

Figura 14 (Fuente: Bolt, 1988).

así determinar la latitud y longitud del foco, y el tiempo de ocurrencia de un terremoto. Conociendo entonces la distancia a cada estación se traza un círculo con centro en cada una, cuyo radio sea la distancia determinada. Donde se crucen los tres círculos trazados es la zona donde se generó el terremoto. Un ejemplo se muestra en la **Figura 14**.

La capacidad destructora de un sismo depende de la combinación de distintos factores:

- **Magnitud**, que es la energía liberada en el hipocentro o foco.
- **Distancia al foco** o proximidad a la que se encuentra una población determinada.
- **Profundidad del nivel freático** del agua subterránea.
- **Características del suelo** o comportamiento del mismo cuando es atravesado por las ondas sísmicas.
- **Resistencia de las estructuras edilicias** cuando son sometidas a la agitación generada por el sismo.
- **Grado de preparación** que tengan los habitantes para actuar adecuadamente antes, en el momento y después de ocurrido el sismo.

Isosistas

Se denominan **isosistas** a las curvas que unen los puntos o localidades donde el terremoto ha sido percibido o ha causado daños con igual intensidad. La cartografía de las curvas permite obtener un mapa de isosistas, que favorece ubicar el epicentro de un sismo, debido a que las curvas se sitúan rodeando ese epicentro.

Un ejemplo de la utilización de las curvas es el mapa de isosistas correspondientes al terremoto de la localidad de Sompacho al sur de Córdoba, ocurrido durante la noche entre el 10 y 11 de Junio de 1934 (**Figura 15**).

Mapa de los isosistas de los terremotos de Sompacho de 1934

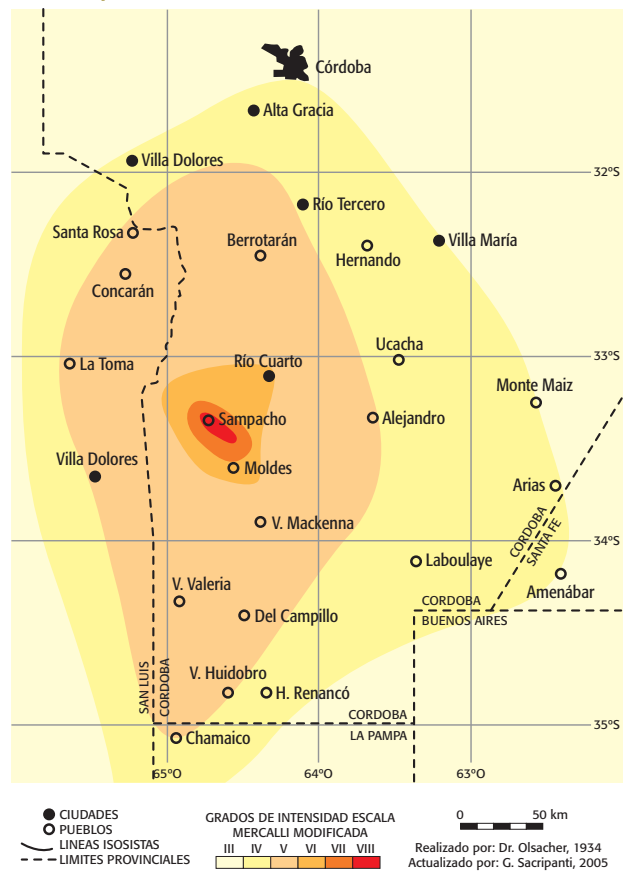


Figura 15

Antecedentes sismológicos

En el mundo:

A nivel mundial los eventos que han causado mayores pérdidas de vidas e infraestructuras en los últimos años, han ocurrido en bordes de placas tectónicas, por ejemplo: los terremotos de México en el año 1985 de magnitud Richter M 8,1; en Kobe (Japón), el 05 de enero de 1995 de M 7,2; en Izmit (Turquía) el 17 de agosto de 1999 de M 7,8; en El Salvador el 14 de enero de 2001 de M 7,6; en India el 26 de enero de 2001 de M 7,9 y en Indonesia el 26 de diciembre de 2004, el que se considera hasta el presente uno de los más fuertes, ya que alcanzó la magnitud M 9,2.

El terremoto destructor más reciente del que se tiene registro ocurrió en el borde entre las placas de Nazca y Sudamericana, el día 15 de agosto del año 2007, cuyo epicentro se localizó en las costas del centro de Perú, alcanzando una M 7,9. Las primeras noticias desde el Perú lo describieron así: *“El largo movimiento telúrico que duró más de un minuto desató escenas de pánico en la población de la capital peruana, además de las roturas de vidrios y daños visibles en edificios, las comunicaciones colapsaron, y en algunas ciudades el normal suministro de agua y electricidad también ha sido afectado...”*.

El evento sísmico de Perú afectó a las ciudades de Ica, Pisco, Chincha y Cañete, donde ocasionó importantes pérdidas de vidas y materiales. Se estima más de 500 víctimas, 76.000 viviendas totalmente destruidas e inhabitables y cientos de miles de damnificados.

Por otra parte en zonas de intraplaca ocurren también sismos, aunque de magnitudes menores, que deben tenerse en cuenta, ya que en muchos casos causan tanto daño como uno fuerte. Ejemplos son los ocurridos en Agadir, Marruecos (1960), cuya magnitud fue M 5,5 y se percibió sólo en un radio de 30 km, causando alrededor de 100.000 muertos; y en Skopje, Yugoslavia (1963), que alcanzó la magnitud M 6,0, se sintió en un radio de 40 km, produjo 1000 muertos y pérdidas materiales de 500 millones de dólares (Ambraseys, 1980).

En Argentina



¿Sabías que existen zonas donde la manifestación de terremotos y la energía liberada por éstos es mayor, como son los **bordes de las placas tectónicas**, mientras que hay otras zonas de **intraplaca**, que poseen un grado de peligrosidad importante que puede afectar en el futuro la normal actividad del hombre y sus bienes?

En nuestro país los estudios de zonificación sísmica han sido realizados por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES). Esta zonificación ha sido elaborada a partir de un inventario de información histórica e instrumental de

terremotos destructores y de un análisis estadístico de los datos para el período entre los años 1920 y 1976. Como podemos ver, la metodología seguida ha contemplado principalmente los aspectos sismológicos, dejando de lado los tectónicos (fallas geológicas), por lo tanto suponemos que el peligro sísmico podría estar siendo subestimado en algunas regiones.

En zonas propensas a sismos cualquier toma de decisiones referente a la planificación regional y urbana, así como al diseño antisísmico, debe basarse en la zonificación sísmica. La zonificación es un mapa (o mapas) que muestra valores relacionados con la frecuencia e intensidad esperada de la sacudida que pueden provocar los sismos futuros en las cercanías de un sitio en particular.

El mapa vigente de zonificación sísmica de la República Argentina (Figura 16), está dividido en cinco zonas que corresponden a distintos niveles de **peligrosidad sísmica**, denominadas 0, 1, 2, 3 y 4, correspondiendo a **muy reducida, reducida, moderada, elevada y muy elevada**, respectivamente. Dentro de la provincia de Córdoba las zonas de peligrosidad que se reconocen son la 0, 1 y 2.

En Córdoba

La distribución de la sismicidad en la provincia de Córdoba, ubicada en la intraplaca de la placa tectónica sudamericana, no es uniforme, ya sea en cuanto a su ubicación geográfica como a la profundidad (hipocentral) en que se generan los sismos, debido a diferentes causas. Esto se visualiza con bastante claridad en el mapa de distribución epicentral correspondiente a la mayoría de los sismos ocurridos dentro de la provincia entre los años 1900 y 2003, que se presenta en la Figura 17.

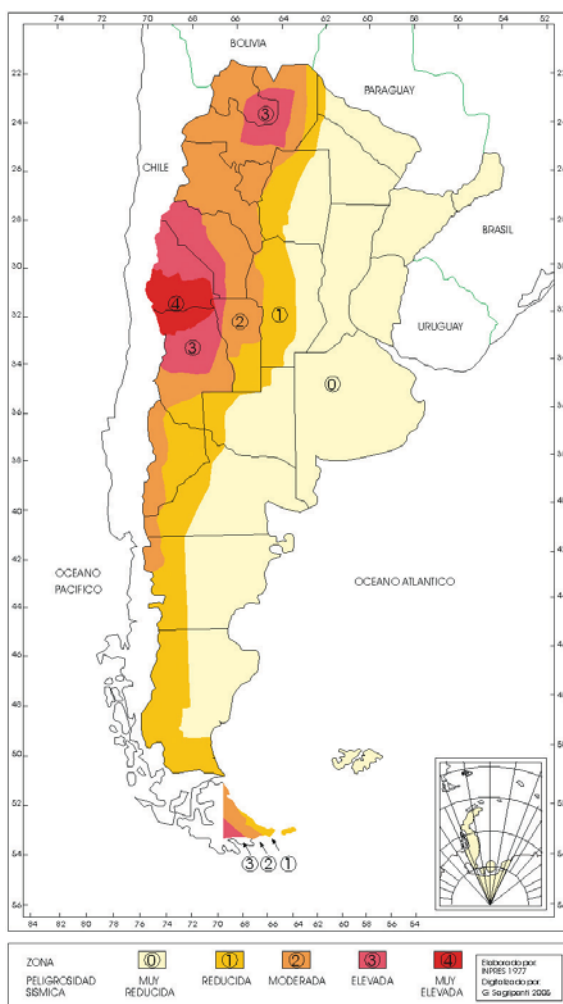


Figura 16

¿Sabías que la región centro-occidental de la República Argentina históricamente ha sido afectada por terremotos catastróficos que generaron importantes pérdidas de vidas humanas y económicas, principalmente en las provincias de Mendoza, San Juan y Salta, y en menor grado en La Rioja, Catamarca, San Luis y Córdoba? Los sismos destructores que han superado la magnitud M 6,0 han sido en Talavera (Salta) de M 7,3 (1692); Mendoza de M 7,0 (1861) que causó 8.000 víctimas -equivalentes al 60% de la población del momento-; el Argentino de M 8,2 (1894) con epicentro en San Juan; en Mendoza (1927) de M 7,4; en San Juan (1944) de M 7,8 que causó 15.000 víctimas; en Caucete de M 7,4 (1977), y en San Francisco (San Luis) de M 6,2 (1936).



En la provincia de Córdoba la actividad sísmica registrada en la región norte y central se concentra en las cercanías de las localidades de Villa Soto y Cruz del Eje, donde hay registros históricos de fuertes eventos que han superado la magnitud M 6,0.

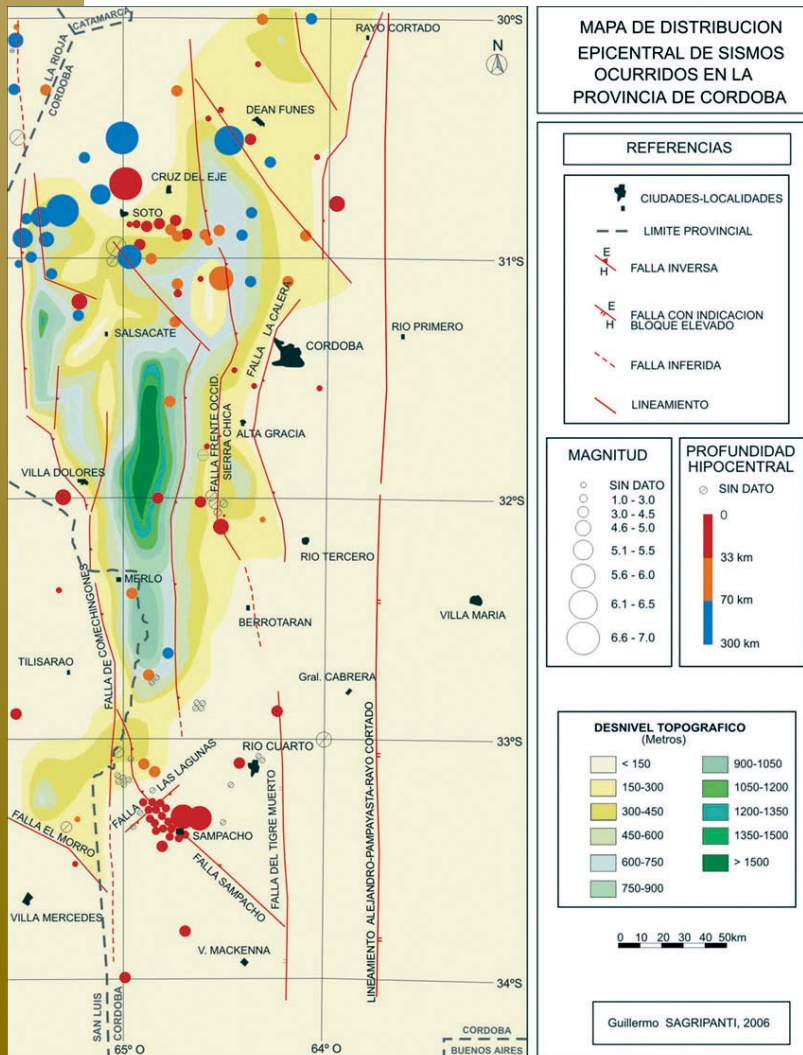
Asimismo, la falla del frente occidental de la Sierra Chica actualmente manifiesta una frecuente actividad sísmica, con eventos superficiales que han superado la magnitud M 4,0 en algunos casos.



¿Sabías que los terremotos más conocidos en el norte de Córdoba fueron?:

| Lugar | Magnitud | Año |
|----------------|----------|------|
| Deán Funes | 6.5 | 1908 |
| Villa Giardino | 5.6 | 1947 |
| Cruz del Eje | 6.7 | 1955 |

¿Sabías que formaron parte también de la crisis del 10 y el 11 de junio de 1934 tres sismos premonitores ocurridos entre las localidades de Sampacho y Achiras, y más de cien réplicas los días posteriores?



En esta región tienen asentamiento importantes centros urbanos y turísticos, obras de ingeniería (puentes, una central nuclear y centrales hidroeléctricas). A pesar de todo lo comentado anteriormente, sólo se conoce parcialmente el peligro sísmico asociado a esta falla.

En el sur de la provincia en la actualidad se registra una frecuente sismicidad. Esta región posee antecedentes de terremotos históricos destructores, como los que generaron la crisis sísmica del año 1934 en Sampacho. Esta localidad fue epicentro de dos eventos cuyas magnitudes alcanzaron M 5,5 y M 6,0, que destruyeron el 90% de la población. Desde el año 1826 al presente el número de sismos registrados entre leves a moderados supera los cien. En este sector también se han reconocido evidencias de deformaciones y rupturas producidas por paleoterremotos.

Figura 17

Incidencias ambientales

La ocurrencia de un fenómeno natural como un terremoto, a veces catastrófico, tiene asociadas incidencias ambientales que afectan no sólo al medio físico natural, sino también a nuestra integridad y bienes. En cuanto al medio físico, puede generar modificaciones en el paisaje, por ejemplo en la topografía de

un lugar, cambios en la profundidad del agua subterránea, y en algunos casos hasta modificar la capacidad de soporte o resistencia de los suelos, con serias consecuencias para las viviendas y obras de infraestructura ubicadas sobre los mismos.

Las acciones a emprender vinculadas con nuestra integridad y bienes nos tienen que asegurar

Con relación al medio físico, solamente podemos avanzar en el estudio y conocimiento del comportamiento o respuesta que tendrá ese espacio cuando sea atravesado por un frente de ondas sísmicas, y así tomar las precauciones que sean necesarias. En lo que concierne a nuestra integridad y bienes, los daños que podemos sufrir estarán en función de las decisiones que hayamos tomado (o no tomado) con anterioridad a la ocurrencia de un sismo.

una mejor calidad de vida en el futuro. Por eso, debemos edificar en lugares seguros, exigir y hacer cumplir las normativas de construcción sismo-resistente de las viviendas y edificios; participar de las actividades de concientización y prevención sísmica, como la organización de las tareas de salvamento en caso de que sea necesario, y el desarrollo de planes de mitigación y reconstrucción de los daños causados en las viviendas.



A continuación les mostramos una síntesis de los aspectos que involucra este concepto, como así también les presentamos algunas sugerencias básicas relativas a cómo actuar antes, durante y después de un sismo.

Riesgo sísmico

El **riesgo sísmico** es el mayor o menor grado de afectación probable del medio natural y las consecuencias adversas en las vidas de las personas, sus bienes e infraestructura, ante la eventual ocurrencia de un terremoto de una magnitud estimada dentro de un tiempo preestablecido. Es oportuno hacer aquí un comentario a modo comparativo: si bien el peligro sísmico en una región “despoblada” puede ser alto, el riesgo será bajo.

Se asume que el riesgo sísmico está conformado por varios aspectos interrelacionados y se puede estimar a partir de una sencilla ecuación que considera diferentes variables que lo definen:

Riesgo sísmico = peligro sísmico (amenaza) + susceptibilidad + vulnerabilidad

Peligro sísmico o amenaza

El **peligro sísmico** describe la peligrosidad potencial como la agitación y ruptura de falla relacionados con un fenómeno natural como un terremoto, que pueden generar consecuencias desfavorables en la población (Reiter, 1988). Comprende aspectos que caracterizan al terremoto (magnitud, intensidad, profundidad hipocentral, etc.), y a la falla sismogeneradora (longitud, inclinación, tipo de falla, sismicidad asociada, rupturas, paleomagnitudes, recurrencia, etc.). Este concepto a veces es aplicado de forma indistinta para referirse al **riesgo sísmico**, aún cuando éstos conceptualmente son diferentes.

Susceptibilidad sísmica

Se considera a la **susceptibilidad** como el “estado inducido por la situación y respuesta del medio físico”, donde intervienen factores como la litología (suelos, rocas), geomorfología y profundidad del nivel freático (Panizza, 1991). Estos factores pueden amplificar o atenuar el frente de ondas elásticas producidas por el sismo, aumentando en algunos casos el poder destructivo del mismo.

Vulnerabilidad sísmica

En forma general, la vulnerabilidad es el grado de fragilidad de un sistema al ser afectado por un evento potencialmente desastroso. En el caso de un evento sísmico, se considera como la vulnerabilidad del área a la compleja totalidad de la población, edificios y estructuras, infraestructuras, actividad económica, organización social, y cualquier programa de desarrollo y expansión en un área (Panizza, 1991).

Con relación al peligro sísmico y a la susceptibilidad sísmica solamente podemos avanzar en el cono-

Cuando ocurren desastres naturales, en la mayoría de los casos se produce una **cadena de acontecimientos**, cuyo poder de destrucción final puede ser mayor debido al efecto acumulativo de fenómenos y situaciones que van surgiendo.

“Un acontecimiento no sólo puede abrir la puerta al siguiente, sino que puede hacer que el siguiente sea más destructivo” (Ciborowski, 1980).

Algunas de las cadenas de acontecimientos más comunes generadas por terremotos son:
terremoto-avalancha-inundación.
terremoto-fuego-conflagración.
terremoto-contaminación de agua potable-epidemias de enfermedades.
terremotos-tsunami-inundaciones en costas distantes.

cimiento por medio de estudios geológicos. Diferente es el caso de la **vulnerabilidad**, ya que tenemos la posibilidad de tomar decisiones y trabajar con el objetivo de disminuirla.

Prevención sísmica

¿Cómo disminuir la vulnerabilidad?

Debido a que un terremoto es un evento de ocurrencia natural, no existe la posibilidad de eliminar o reducir la peligrosidad o amenaza sísmica, o sea modificar las liberaciones de energía naturales; pero sí es posible disminuir nuestra vulnerabilidad, y esto se podría lograr de la siguiente forma:

- Cumpliendo y haciendo cumplir las normas de construcción sismo-resistente establecidas por el INPRES.
- Realizando estudios geológicos del suelo sobre el que se va a construir.
- Contando con una identificación apropiada de los sitios seguros y salidas de emergencia en los edificios públicos, de estudio, trabajo y casas de residencia.
- Desarrollando planes de prevención y de concientización sísmica.
- Contando con cuerpos de socorro organizados, preparados y distribuidos estratégicamente, no concentrados en un solo edificio o estación.
- Realizando investigaciones geológicas - sismológicas.
- Contando con centros sanitarios preparados, tanto en el aspecto del recurso humano como de infraestructura, para actuar en forma óptima en caso de una emergencia.
- Prestando atención y participando en las actividades y campañas de prevención.

¿Por qué debemos prepararnos?

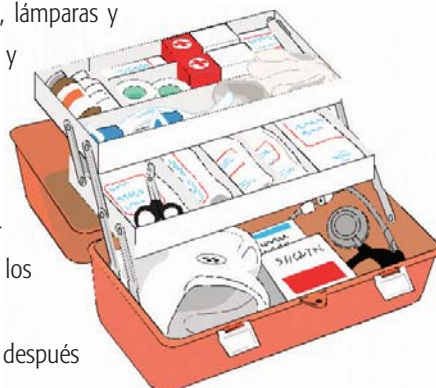
- Porque, frente a la ocurrencia de un fenómeno natural como un terremoto, las actividades de prevención que realicemos sin dudas disminuirán la posibilidad de pérdidas de vidas y bienes.
- Porque principalmente la región centro-occidental de la provincia de Córdoba corresponde a las zonas 1 y 2 de peligrosidad reducida y moderada respectivamente, definida por el INPRES. Como sabemos, los límites de estas zonas han sido trazados en función de datos sismológicos, sin considerar los aspectos tectónicos; por lo tanto el grado de peligrosidad de estas zonas podría estar subestimado.
- Porque vivir en zonas con estas características nos exige tener conciencia sísmica, aspecto educacional que actualmente muestra deficiencias y al que no se le presta la atención merecida.
- Porque en el futuro podemos habitar en forma permanente o transitoria en otra provincia donde ocurra un sismo, en consecuencia debemos saber cómo actuar.
- Porque después de un temblor hay un período de varias horas, durante el cual los grupos de socorro están muy congestionados. Por ende, es mejor que tengamos conocimientos de primeros auxilios para atender alguna emergencia hasta que nos llegue ayuda.

¡No son los terremotos los que matan a la gente; son las construcciones mal hechas o mal ubicadas las que causan heridas y pérdidas de vidas humanas!

¿Qué hacer antes de un temblor?

En los hogares:

- Consultar al municipio acerca de las características físicas del terreno donde deseamos edificar.
- Construir la vivienda cumpliendo con las normativas de construcción sismo-resistente.
- Realizar una revisión técnica de la resistencia de su edificación; lo que indicará posibles áreas que se deban reforzar o reconstruir, como así también los sitios más seguros donde protegernos durante un sismo.
- Conocer el lugar donde se ubican los interruptores de suministro de energía eléctrica, gas y agua. Tratar que el grupo familiar conozca los sitios más seguros dentro del hogar y también la ubicación y funcionamiento de los interruptores.
- Evitar ubicar objetos pesados suspendidos o en lugares inestables y asegurar los que no pueden ser reubicados (por ejemplo: bibliotecas, televisores, lámparas y adornos). Ubicar los objetos pesados en los estantes inferiores y sujetar los muebles altos.
- Disponer de un botiquín de primeros auxilios, linterna, radio de pilas, silbato (para facilitar el rescate en caso de quedar atrapado), herramientas de uso básico y un extintor preferentemente multipropósito del tipo ABC, que apaga la mayoría de los incendios.
- Contar con reservas de agua potable (es lo que más falta hace después



del temblor), alimentos y medicamentos.

- Tener a mano números telefónicos y direcciones de Defensa Civil, Bomberos Voluntarios y Centros Sanitarios.
- Acordar con la familia un lugar abierto o despejado (plaza, paseo, patio) que sea el punto de encuentro después del sismo.

En las escuelas:

- Capacitar a docentes mediante el asesoramiento y manejo de material didáctico que ayude a elaborar un Plan Preventivo de Evacuación del edificio, procurando una total integración entre docentes, directivos, alumnos, padres y vecinos de los establecimientos.
- Conocer el lugar donde se ubican los interruptores de suministro de energía eléctrica, gas y agua.
- Realizar prácticas de simulacros de evacuación con cierta frecuencia.



**PELIGRO
ELECTRICIDAD**



EXTINTOR

- Señalizar de manera bien visible la ubicación de extintores, botiquines y salidas de emergencia.

- Para las vías de escape principales elegir el uso de mecanismos de cierre "antipático", los cuales se accionan ante su presión.

- Establecer un lugar abierto o despejado (sitio, plaza, paseo, etc.) que sea el punto de concentración después del sismo, donde se pase lista para verificar si está todo el curso a salvo.

- Mantener sin trabas ni llaves las puertas y portones que se encuentren en el recorrido de una vía de escape; preferiblemente deben abrir hacia afuera del lugar que cierran.

- Evitar las superficies vidriadas de grandes dimensiones, especialmente en las vías de escape. Si por razones de iluminación y/o ventilación no fuera posible eliminarlas, deberán preverse medidas de protección ante posibles accidentes, por la caída de trozos de vidrio.



**NO USE EL
ASCENSOR EN
CASO DE SISMO**



**SALIDA DE
EMERGENCIA**



ESCALERAS

¿Qué hacer durante un temblor?

- Mantener la calma y evitar alarmar a los demás.
- Si permanecemos dentro de un edificio, protegernos de la caída de objetos suspendidos (ladrillos, madera, mampostería, lámparas) debajo de marcos de puertas, escritorios o mesas; y mantenernos alejados de ventanales de vidrio.
- Si nos encontramos en nuestro hogar, ocupar las zonas de seguridad que hayamos

demarcado con anterioridad.

- Si estamos en la vía pública, alejarnos de los balcones, aleros, ventanales de vidrio (por la lluvia de vidrios), carteles, edificios altos, cornisas, postes y cables eléctricos.
- No usar ascensores, utilizar las escaleras.
- Después del temblor principal normalmente ocurren réplicas que terminan por derrumbar las construcciones debilitadas; entonces no quedarse cerca de estos lugares.
- Cuando los alumnos estén fuera del edificio, no aproximarlos a las construcciones que se supongan peligrosas. Las distancias a los edificios consideradas seguras son aproximadamente las siguientes:

Edificios de un solo piso: 15 metros (20 pasos)

Edificios de dos pisos: 25 metros (40 pasos)

Edificios de tres pisos: 35 metros (60 pasos), y así sucesivamente.

Cuando tiene ocurrencia un sismo fuerte, las vibraciones del suelo pueden estar acompañadas por un fuerte ruido. ¡Aunque el suelo puede agrietarse o hundirse, no es cierto que se abra y se cierre tragando barrios enteros!

¿Qué hacer después de un temblor?

- Interrumpir la energía eléctrica y el gas. Asegurarse que no haya fugas o cortocircuitos que puedan provocar un incendio.
- Durante un tiempo prudencial utilizar el teléfono sólo para pedir auxilio o para informar si alguna persona está en situación de peligro.
- Si se necesita evacuar un lugar determinado, hacerlo rápido pero sin provocar caos, evitando llevar objetos que limiten nuestros movimientos; no volver para buscar cosas sin importancia.
- Esperar al menos unos tres minutos antes de desalojar un lugar, tiempo prudencial para que se detengan los elementos que están oscilando y terminen por caer aquellos que han quedado sueltos.
- Si nos encontramos en un transporte público o particular (autobús, auto), desocuparlo nos tomará más tiempo que lo que dure el temblor, por lo tanto debemos permanecer adentro.
- No difundir rumores, pueden generar pánico y desconcierto de la población.
- Encender nuestra radio para informarnos de la situación y las instrucciones sobre la emergencia.
- Verificar si hay heridos en los miembros de nuestra familia o en el lugar donde nos encontramos. Solicitar ayuda a los grupos de socorro y no mover a las personas heridas, a menos que estén con riesgo de sufrir nuevas heridas.
- No usar el agua de la canilla para beber, puede estar contaminada. Emplear como reservas el agua de los depósitos de inodoros o tanques limpios.

- No caminar descalzo y no pisar escombros. Si es necesario removerlos, no utilizar palas o picos antes de estar totalmente seguros de que no provocaremos daños a otras personas.
- Evitar tumbar muros o columnas débiles, ya que pueden estar soportando estructuras.
- Revisar el estado de deterioro de nuestra vivienda, en particular su estructura (pueden ocurrir réplicas). Si la estructura está débil, trasladarnos a otro sitio.

¡Construyamos las viviendas de tal forma que nos brinden protección frente a cualquier contingencia natural y no se conviertan en una fuente de peligro o amenaza!

Ejercicios

A continuación se proponen varios ejercicios teóricos y prácticos para que el docente pueda trabajar con los alumnos la resolución de problemas simples, relacionados principalmente con conceptos sísmológicos. Las respuestas se encuentran al final.

a) Determinación de distancias epicentrales y magnitudes

Como auxilio en los cálculos, utilizar las escalas que se presentan en la gráfica adjunta.

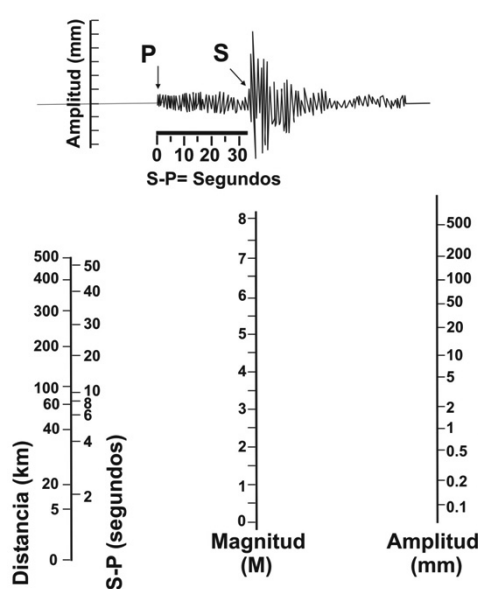
1) Si consideramos como velocidad media de las ondas P, a través de la Tierra, de 10 kilómetros por segundo, ¿qué tiempo aproximado tardaría una onda P en recorrer la Tierra de un lado a otro?

2) Estimar la magnitud Richter de un terremoto cuya onda de mayor amplitud registrada por un sismógrafo estándar a una distancia de 100 km es de 20 milímetros.

3) Determinar la magnitud Richter para un terremoto cuya diferencia entre el tiempo de llegada de las ondas S-P es de aproximadamente 8 segundos, y la mayor amplitud registrada con un sismógrafo estándar es de 50 milímetros.

4) Determinar la distancia epicentral para un terremoto, cuyos datos registrados son los siguientes: la amplitud máxima medida en el sismograma es de 100 milímetros y la magnitud determinada es M 6,0.

5) Calcular la distancia epicentral para un terremoto cuya magnitud alcanzó M 5,5 y la amplitud máxima registrada por un sismógrafo fue de 50 milímetros.



Fuente: Bolt, 1988.

b) Determinación del epicentro de un terremoto

El mapa corresponde al área de California central, donde están indicadas tres estaciones sismológicas: Berkeley (BKS), Jamestown (JAS) y Mineral (MIN). Los datos que se utilizarán son de los tiempos de arribo de las ondas P y S, correspondientes al terremoto próximo a Oroville (agosto de 1975).



| | P | S |
|------------|------------|------------|
| | h/m/s | h/m/s |
| BKS | 15/46/04,5 | 15/46/25,5 |
| JAS | 15/46/07,6 | 15/46/28,0 |
| MIN | 15/45/54,2 | 15/46/07,1 |

Con los datos disponibles calcular la diferencia de segundos entre las ondas S-P en cada estación. Con ayuda de la gráfica del ejercicio b, estimar las distancias al epicentro y posteriormente trazar los radios correspondientes.

Fuente: Bolt, 1988.

c) Elaboración de un mapa de isosistas

Con los datos recolectados de las distintas intensidades percibidas en las provincias de Córdoba, San Luis, La Pampa y Buenos Aires, correspondientes al terremoto de Sampacho ocurrido el 11 de junio de 1934, trazar el mapa de isosistas correspondiente.

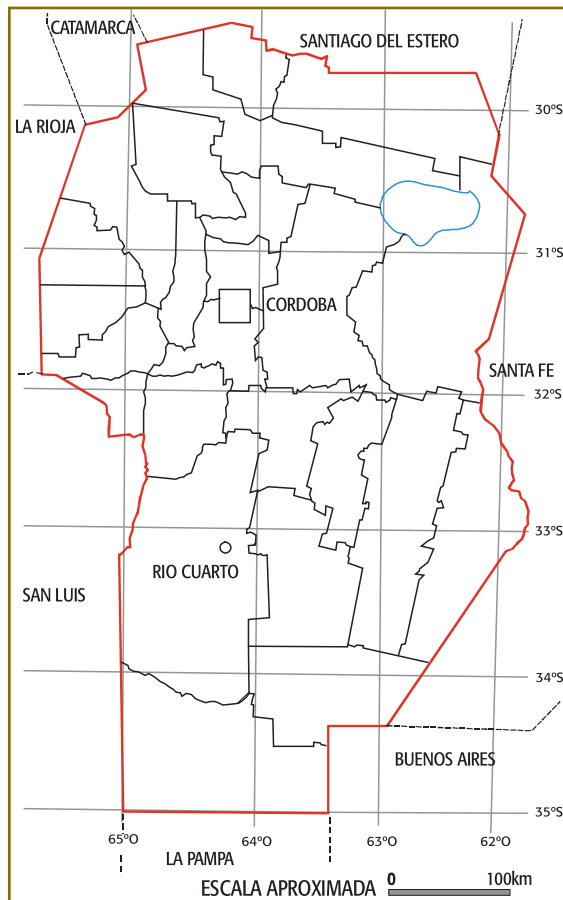
| Localidad | IMM | Localidad | IMM | Localidad | IMM | Localidad | IMM | Localidad | IMM |
|---------------|-----|-------------|-----|------------|-----|--------------|-----|------------|------|
| Córdoba | III | H. Renancó | IV | Amenábar | IV | V. Huidobro | V | Suco | VII |
| Alta Gracia | IV | Laboulaye | IV | Sta. Rosa | V | V. Mercedes | V | Vertientes | VII |
| Hernando | IV | Río Tercero | IV | La Toma | V | V. Mackenna | V | Sampacho | VIII |
| Villa María | IV | Monte Maíz | IV | Corcarán | V | Del Campillo | V | | |
| Villa Dolores | IV | Arias | IV | V. Valeria | V | Río Cuarto | VI | | |
| Ucacha | IV | Berrotarán | V | Chamaicó | V | Moldes | VI | | |



d) Ubicación de epicentros de terremotos ocurridos en la provincia de Córdoba

Con el listado de datos instrumentales de terremotos ocurridos en la provincia de Córdoba, intente ubicar los epicentros correspondientes a cada evento en el mapa de la provincia. Para ello, repasar el tema escalas y coordenadas geográficas.

| Lugar | Fecha | Hora | Latit. S | Long. O | Prof. | IMM | Mag. |
|-------------------|------------|----------|----------|---------|-------|--------|------|
| Deán Funes | 22-09-1908 | 17:00 | 30,5° | 64,5° | 100km | - | 6,5 |
| Sampacho | 11-06-1934 | 06:00 | 33,5° | 64,5° | 30 | VIII | 6,0 |
| Villa Giardino | 16-01-1947 | 02:37 | 31,1° | 64,5° | 50 | - | 5,5 |
| Cruz del Eje | 28-05-1955 | 06:20 | 30,8° | 65° | 25 | - | 6,7 |
| Paunero | 19-06-1967 | 19:13:56 | 34° | 65° | - | - | 4,4 |
| Charras | 04-11-1967 | 17:00:45 | 33° | 64° | - | - | 5,1 |
| San José | 28-11-1975 | 06:32:23 | 33,11° | 64,42° | 33 | - | 4,1 |
| Baigorria | 25-03-1987 | 02:43 | 32,21° | 64,19° | 30 | - | 4,5 |
| Alpa Corral | 06-07-1996 | 06:58:24 | 32,73° | 64,89° | 35 | III-IV | 4,3 |
| V. C. del Sauce | 05-12-2001 | 03:27:35 | 32,72° | 64,44° | 80 | III-IV | 4,2 |
| Santa Rosa (Cta.) | 05-03-2003 | 12:22:11 | 32,09° | 64,48° | 33 | IV-III | 5,0 |
| Capilla del Monte | 11-07-2003 | 18:29:04 | 30,89° | 64,59° | 69 | III | 4,0 |



Agradecimientos

Agradecemos a las especialistas en Geología Ambiental Mónica Villegas y Adriana Cabrera, docentes del Departamento de Geología de la Universidad Nacional de Río Cuarto, por el valioso aporte realizado a este trabajo con su lectura crítica y sus importantes sugerencias y al alumno Diego Villalba.

Bibliografía consultada

- Ambraseys, N.**, 1980. *Estudio de los terremotos en el terreno. Terremotos, evaluación y mitigación de su peligrosidad*. UNESCO, Ed. Blume. 360 p.
- Bolt, B. A.**, 1988. *Earthquakes*. W.H-Freeman and Co. New York. 331p.
- Castano, J. C.**, 1977. *Zonificación sísmica de la República Argentina*. Instituto Nacional de Prevención Sísmica. Publicación Técnica N° 5. 42 p.
- Castano, J. C. y Giuliano, A.**, 1994. *La prevención sísmica en la República Argentina. Conferencia inter-americana sobre reducción de desastres naturales*. Cartagena de Indias. 24 p.
- Ciborowski, A.**, 1980. *Algunos aspectos de la planificación del desarrollo físico para asentamientos humanos en las regiones propensas a terremotos. Terremotos, evaluación y mitigación de su peligrosidad*. UNESCO, Ed. Blume. 360 p.
- Daga, R. y Grosso, V.**, 2004. *Evaluación del riesgo sísmico a escalas urbana y regional. Casos de estudio: localidad de Sampacho y entorno*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geología, UNRC. Inédito. 155 p.
- INPRES-CIRSOC**, 1983. *Normas Argentinas para construcciones sismo-resistentes*. Parte I. Construcciones en General. Instituto Nacional de Previsión Sísmica - Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles. 109 p.
- Kasahara, K.**, 1981. *Earthquake mechanics*. Cambridge University Press. 151 p.
- Keller, E. y Pinter, N.**, 1996. *Active tectonics, earthquake, uplift, and landscape*. Ed. Prentice-Hall, Inc. 337 p.
- Olsacher, J.**, 1935. "El terremoto de Sampacho, Pcia. de Córdoba". *Revista del Museo de Ciencias Naturales*. Año 1 N° 1. Córdoba. 19 p.
- Panizza, M.**, 1991. *Geomorphology and Seismic Risk*. Earth Science Reviews, p. 11-20.
- Reiter, L.**, 1988. *Earthquake hazard analysis*. Columbia University Press. 241p.
- Sagripanti, G., D. Origlia y O. Campanella**, 1998. Historic and present seismology of the Sampacho area, Córdoba Province, Argentina. *Environmental & Engineering Geoscience*. Summer 1998, Vol. 4, Tomo 2, p. 270-275.
- Sagripanti, G., D. Origlia y O. Campanella**, 1998. Sísmicidad de una región de intraplaca, departamento de Río Cuarto, Provincia de Córdoba. Argentina. *Actas Conferencia Internacional "Sistemas modernos de Preparación y Respuesta ante Riesgos Sísmicos, Volcánicos y Tsunamis"*. Santiago, Chile. p. 281-293.
- Sagripanti, G. y otros**, 2000. *Cartilla de Prevención Sísmica para el Departamento Río Cuarto*. Diario Puntal Río Cuarto. 12 p.
- Sagripanti, G.**, 2006. *Neotectónica y peligro sísmico de la región de Sampacho, departamento Río Cuarto. Provincia de Córdoba*. Inédito. UNRC. Tesis Doctoral. 300 p.
- Tarback, E. y Lutgens, F.**, 1999. *Ciencias de la Tierra*. 6ª edición. Ed. Prentice Hall. 540p.
- UNDRO/MND**, 1990. *Mitigating Natural Disasters, phenomena, effects and options*, Office of the United Nations Disaster Relief Co-Ordinator. 164 p.

Sitios de internet para consulta

<http://www.inpres.gov.ar/seismology/linkppal.htm>

<http://earthquake.usgs.gov/>

<http://es.wikipedia.org>

<http://library.thinkquest.org/03oct/00904/images/szeizmover.gif>

Respuestas

a) Determinación de distancias epicentrales y magnitudes

1- Aproximadamente 21 segundos.

2- Aproximadamente M 4,3.

3- M 4,5.

4- 300 kilómetros.

5- 200 kilómetros.

b) Determinación del epicentro de un terremoto

| | S - P (seg) | Distancia (km) |
|-----|-------------|----------------|
| BKS | 21.0 | 190 |
| JAS | 20.4 | 188 |
| MIN | 12.9 | 105 |

c) Elaboración de un mapa de isosistas.

Comparar el mapa obtenido con el mapa de la figura 15, página 13.

d) Ubicación de epicentros de terremotos ocurridos en la provincia de Córdoba

Comparar la ubicación de los epicentros obtenidos con los mostrados en el mapa de la figura 17, página 16.

Índice

| | |
|---|-----------|
| Introducción | 2 |
| Conceptos geológicos básicos para comprender el origen de los terremotos | 3 |
| Estructura de la Tierra | 3 |
| Tectónica de placas | 4 |
| Falla geológica | 5 |
| Elementos de una falla | 6 |
| Tipos de fallas | 6 |
| Conceptos sismológicos básicos para comprender los terremotos | 7 |
| Terremoto | 7 |
| Ciclo sísmico | 8 |
| Ondas sísmicas | 9 |
| ¿Cómo medimos un terremoto? | 10 |
| ¿Cómo localizamos el epicentro de un terremoto? | 12 |
| Isosistas | 13 |
| Antecedentes sismológicos | 14 |
| Incidencias ambientales | 16 |
| Riesgo sísmico | 17 |
| Prevención sísmica | 18 |
| Ejercicios | 22 |
| Agradecimientos | 25 |
| Bibliografía consultada | 26 |
| Respuestas | 27 |

Trabajos seleccionados en la Convocatoria 2007

Características de una alimentación nutritiva y saludable.

Lactancia Materna: lo mejor para comenzar.

L. Pascual de Unia, M. Chesta, J. Daroni, Ma. Alejandra Carreón, A. Eynard

Terremotos: Nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía.

G. Sagripanti, A. Bettioli, C. Seitz

**La Tierra primitiva y su transformación en un planeta habitable,
evidencias del registro geológico (rocas y minerales).**

F. Gómez

Vacunas: un mundo en el maravilloso universo del sistema inmune.

I. Novak

**Daño cerebral provocado por alcohol: una revisión de estudios en seres humanos
y en animales de experimentación.**

F. Manzini, C. Bender

**Algunos mitos y verdades de la Energía Nuclear:
sus usos en beneficio de la gente.**

A. Maiztegui, C. Gho

LA CIENCIA EN LA ESCUELA

El uso de los descubrimientos científicos y tecnológicos pueden afectar, positiva o negativamente, al bienestar y al desarrollo de la sociedad.

Nos encontramos ante la paradoja de una sociedad cada vez más tecnificada y con una mayor dependencia científica y, al mismo tiempo, escasamente informada en estas disciplinas.

Si la ciencia y la tecnología están cada vez más presentes en nuestras vidas, la comprensión de este fenómeno por parte de toda la sociedad se considera como uno de los valores intrínsecos de la democracia.

La ciencia es de todos, y para lograr su apropiación la escuela desempeña un rol fundamental. Docentes y directivos se cuestionan constantemente sobre la correspondencia entre el conocimiento científico y el conocimiento que se enseña en la escuela.

Al mismo tiempo, desde los ámbitos de investigación se evidencia la necesidad de transmitir el conocimiento producido a la sociedad.

Para que la ciencia llegue a la escuela, este conocimiento necesita ser adaptado para su difusión y enseñanza, es decir, que el conocimiento científico se convierta a través de sucesivas simplificaciones en conocimiento escolar, adecuado para alumnos de diferentes edades y desarrollo intelectual.

CORDOBENSIS pretende conducir este esfuerzo de transposición didáctica, y convertirse así en un instrumento de divulgación científica que permita llevar aquellos conocimientos generados por los investigadores cordobeses a todas las escuelas de nuestra provincia.



Gobierno de Córdoba
Ministerio de Educación

CEDEPAP
CENTRO DE DESARROLLO
DE PROYECTOS AVANZADOS



AGENCIA
CORDOBA
CIENCIA
S.E.