

# TALLERES

## LOS RIESGOS GEOLÓGICOS. ALGUNAS CONSIDERACIONES DIDÁCTICAS

*Geological hazards. Some didactic approaches*

David Brusi y Carles Roqué (\*)

### RESUMEN:

A partir del desarrollo de algunos conceptos relacionados con los Riesgos Naturales y Geológicos se proponen distintos ejercicios y actividades. Todas ellas pueden ser utilizadas directamente como recursos didácticos para el tratamiento del tema en los niveles educativos para los que resulten más apropiadas.

### ABSTRACT:

From the development of concepts related with Natural and Geological Hazards different exercises and activities are proposed. All of them can be used as didactic recourses in order to study such a subject for the most appropriate educative levels.

**Palabras clave:** Riesgos naturales, riesgos geológicos, didáctica..

**Keywords:** Natural hazards, geological hazards, didactics.

### LA PIEDRA DEL SOL Y SU INQUIETANTE LEYENDA

La Piedra del Sol es un conocido monumento perteneciente a la *cultura mexicana* (1502-1520) que fue hallado en una zona hoy ocupada por la Catedral de la Ciudad de México. Constituye un cilindro de piedra volcánica de unos 358 cm de diámetro y unos 15 cm de espesor cuya superficie está decorada con un relieve escultórico (Fig. 1).



Figura 1. La "Piedra del Sol", perteneciente a la *Cultura Mexicana* (1502-1520), expuesta en el Museo Nacional de Antropología de México.

Una serie de círculos concéntricos y representaciones icónicas componen un instrumento que ilustra las unidades de medida del tiempo de la cultura mexicana (Graulich, 1992). Por este motivo la pie-

dra también es conocida como el "Calendario Azteca". Su estructura y composición están basadas en observaciones astronómicas posiblemente adquiridas a lo largo de miles de años por los pueblos centroamericanos y aportan información sobre los meses y días del año azteca.

La Piedra del Sol, desde un punto de vista mucho menos conocido, ilustra una antigua leyenda, a la vez inquietante y sugerente, a través de los símbolos que ocupan la posición central del relieve. La tradición oral y las interpretaciones de los expertos (León-Portilla, 1970) nos permiten descifrar esta historia.

Los indígenas mexicanos estaban convencidos que el mundo actual (la edad de nuestro Sol - que ocupa el centro del relieve) no era más que una etapa de un proceso evolutivo que arrancaba desde los tiempos más remotos. Creían que, con anterioridad a nuestros tiempos, habían existido ya cuatro edades o "soles" (Fig. 2). Cada edad o sol siempre acababa con un cataclismo, con una gran catástrofe, que destruía la civilización e iniciaba un nuevo ciclo.

La mitología asigna a cada edad el nombre del cataclismo que condujo a su destrucción:

- El primer sol, o **edad del agua**, terminó cuando las aguas arrasaron todo lo existente. Esta gran riada o inundación (equivalente al Diluvio Universal del mundo clásico) puede relacionarse con unas lluvias catastróficas (puede que asociadas al fenómeno del Niño) o con el ascenso relativo de las aguas oceánicas.

(\*) Dept. Ciències Ambientals. Universitat de Girona. Campus de Montilivi. 17071 Girona. Spain





Figura 2. Detalle de la parte central de la "Piedra del Sol" en la que se distinguen las cuatro edades o soles anteriores nuestro mundo presente: la edad del agua, la edad del jaguar, la edad de la lluvia y la edad del viento.

- La segunda edad fue la **edad del jaguar**, en la que el cielo oscureció y los animales se comieron los unos a los otros y los jaguares hicieron lo propio con los hombres. Hoy podríamos interpretar esta oscuridad como la consecuencia de un impacto meteorítico o, quizás de un modo más plausible, como una etapa de intensa actividad volcánica que afectase a la transparencia atmosférica.

- El tercer sol, o **edad de la lluvia** (de fuego), acabó cuando del cielo llovió fuego, arena y piedras ardientes y se enrojecieron los peñascos. La alusión es clara a la caída de piroclastos y emisiones de lava relacionadas con las erupciones volcánicas.

- El cuarto sol, o **edad del viento**, concluyó, de forma catastrófica cuando todo fue devastado por la furia del aire. Puede que esta interpretación ilustre la capacidad destructora de un tornado, huracán o tifón.

- La quinta edad es la presente, la del **sol del movimiento**. En ella los dioses se preocuparon por "plantar" la actual especie humana. También auguraban para esta edad una evolución muy rápida que tendrá su fin cuando el Sol se apague. Hoy los astrónomos interpretan que la existencia de nuestro planeta acabará con una gran catástrofe cósmica, dentro de unos 5.000 millones de años, ligada al agotamiento del hidrógeno de nuestra estrella.

La especie humana siempre ha asumido con resignación la inevitable condena de convivir con el riesgo que representan los procesos geológicos de la Tierra. Sometidos a las iras de los dioses o convencidos del infortunio de simples catástrofes naturales, los hombres conocen, temen, huyen o se protegen de las consecuencias de la dinámica del planeta.

La leyenda de la Piedra del Sol refleja, desde una cierta perspectiva "catastrofista" y cíclica, esta sumisión a la fuerza destructora de los elementos a la vez que nos inquieta con el premonitorio fin de nuestra civilización. Este nos parece un buen prólogo para abordar el tema de los riesgos naturales o riesgos geológicos que suelen adquirir un interés especial en el desarrollo de la asignatura de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente.

## LOS RIESGOS GEOLÓGICOS

### Concepto de riesgo

Según una de sus primeras definiciones, formulada por el Geological Survey de Estados Unidos en 1977, se entiende por riesgo geológico, cualquier condición geológica, proceso o suceso potencial que suponga una amenaza para la salud, seguridad o bienestar de un grupo de los ciudadanos o para las funciones o economía de una comunidad. Los riesgos geológicos no pueden plantearse desde la simple descripción de los materiales o procesos naturales. No se conciben, tampoco, al margen de la afectación que éstos pueden ocasionar sobre las personas, sobre sus obras o, en general sobre el equilibrio ecológico.

El concepto de riesgo nace de la **interferencia** entre los procesos geológicos y la presencia humana o el uso que ésta hace del territorio (Fig. 3). En sentido estricto, solo se consideran riesgos aquellos procesos susceptibles de producir daños personales o materiales. Más recientemente, también se ha otorgado la consideración riesgos geológicos a los efectos de algunos minerales y rocas potencialmente contaminantes, nocivos para la salud o causantes del deterioro de estructuras<sup>1</sup>.

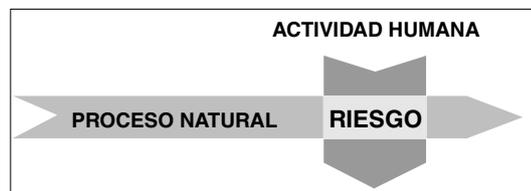


Figura 3. Esquema sintético del concepto de riesgo cuando este se interpreta como derivado de la interferencia entre los procesos naturales y la actividad humana.

La percepción social del riesgo y sus efectos catastróficos han aumentado exponencialmente a lo largo de la historia más reciente por una simple razón aritmética: la humanidad ha crecido progresivamente (Fig. 4).

(1) En este grupo no se incluye el riesgo de toxicidad específica que puedan tener algunos minerales o rocas, sea en sus yacimientos o una vez trasladados a otros lugares (industrias, laboratorios, colecciones). Entre los riesgos causados por los materiales geológicos se reúnen aquellas formaciones geológicas que en su afloramiento natural, o en sus acumulaciones artificiales, son susceptibles de producir daños. En este apartado se consideran, por ejemplo, los suelos expansivos o liqüefactables, la reactividad frente al hormigón de algunos materiales, la acidificación de las aguas y la contaminación potencial que representan algunas escombreras o balsas de acumulación (el caso de Doñana), la inhalación de asbestos, las emisiones de gas radón o los minerales radioactivos.



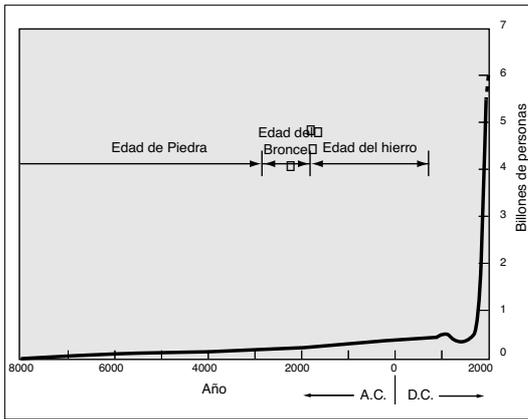


Figura 4. Evolución de la población mundial a lo largo de los últimos 8.000 años. (Según Cock, 1995).

A mayor número de habitantes en el planeta, mayor ocupación del territorio y mayor posibilidad de interferencia con los procesos naturales. Un buen ejemplo de esta evidencia se pone al descubierto cuando algunos sucesos catastróficos afectan a zonas superpobladas del planeta como China o India, donde los damnificados y víctimas pueden contarse por decenas de miles. También pueden aumentar los daños cuando los riesgos afectan a un territorio en el que no se hayan tomado medidas preventivas, lo que sucede, desgraciadamente en muchos países, pero de un modo mucho más flagrante en las zonas subdesarrolladas de la Tierra.

En este mismo sentido, cuando hablamos de riesgos naturales, es necesario diferenciar entre el hecho de que un fenómeno se produzca y los daños que éste pueda ocasionar. Resulta fácil llegar a esta conclusión si imaginamos, un proceso activo en una zona remota, no ocupada por la actividad humana. Nos puede servir de ejemplo el nulo peligro que representa que un terremoto afecte a una región deshabitada del planeta. Si no hay daños, si no existe interferencia, no existe riesgo, así las consecuencias del seísmo tan solo producen cambios en las estructuras geológicas y, a veces en los rasgos geomorfológicos.

#### EJERCICIO 1

Comparar las dos noticias de prensa siguientes, valorando la influencia de la densidad de población en las consecuencias de ambos fenómenos naturales.

### Fuerte seísmo en una zona remota del Tíbet

HONG KONG. (AP.) - Un fuerte terremoto de magnitud 7,9 en la escala abierta de Richter sacudió ayer una área remota y poco poblada del Tíbet. La agencia oficial China, Xinhua, señaló que las dificultades de comunicación con la zona no permiten saber si ha habido daños o víctimas.

El seísmo tuvo su epicentro unos 700 kilómetros al noroeste de Lasa, la capital del Tíbet, en un altiplano

no rodeado de montañas. El temblor es el más fuerte del que se tiene constancia histórica en la zona, en la que ha habido otros este año que han causado unas 50 víctimas mortales.

Cuando un seísmo supera los 7 puntos provoca enormes daños personales y materiales si se produce en tierra firme y en una zona poblada (el de Kobe, en Japón, de 1995 tuvo una intensidad de 7,2 y mató a 5.300 personas).

LA VANGUARDIA, 9/11/1997

### 180 muertos por un deslizamiento de tierra en la India

NUEVA DELHI. - Unas 180, personas han sido dadas por muertas después que un deslizamiento de tierras originado por las intensas lluvias arrasase la localidad de Malapa, en el estado indio de Utar Pradesh, al norte del país. Entre las víctimas se encuentran 70 peregrinos que acamparon en esta localidad, cercana a la frontera con China, en su ruta hacia el santuario hindú de Kailash Mansarovar, en el Tíbet, según la agencia estatal india PTI. Efe.

EL PERIÓDICO, 19/8/98

#### EJERCICIO 2

Un buen ejercicio para desarrollar la relación entre riesgos y daños puede ser el abordar en el aula un breve "brainstorming" sobre los nombres (sustantivos) con los que los periodistas describen este tipo de sucesos (ver tabla I). Resulta interesante discutir sobre los matices que distinguen sus definiciones.

#### Tabla I.

**CALAMIDAD:** Hecho adverso, desgracia que afecta, a la vez, a un cierto número de personas.

**CATACLISMO:** Gran trastorno de la superficie terrestre producido por una inundación, terremoto, etc.

**CATÁSTROFE:** Suceso calamitoso, desastroso.

**DESASTRE:** Desgracia grave, ruinosa, gran infortunio, suceso funesto.

**DESGRACIA:** Hecho o suceso funesto (que trae la muerte o una gran adversidad)

**FATALIDAD:** Suceso fatal (que conlleva destrucción, ruina, muerte). Calamidad de graves consecuencias. Adversidad.

**HECATOMBE:** Cualquier sacrificio o suceso en el que se producen muchas víctimas. Mortandad.

**INFORTUNIO:** Suceso desgraciado, de adversa fortuna.

**SINIESTRO:** Daño grave o desgracia que sufren las personas o las propiedades, especialmente por muerte o por las pérdidas producidas.

**TRAGEDIA:** Suceso funesto en la vida real, capaz de infundir terror y lástima.



Podemos complementar el ejercicio anterior preguntando, ahora, algunos sustantivos que ilustren las consecuencias de la actuación de estos riesgos (tabla II)

#### Tabla II.

**AFECTADO:** Que ha sufrido alguna alteración, algún cambio o efecto. Impresionado.

**DAMNIFICADO:** Perjudicado. Que ha sufrido algún daño

**DAÑO:** Pérdida o detrimento causado a una persona o cosa o a sus intereses, salud, valor o estado.

**DESOLACIÓN:** Acción de desolar; el efecto. Desolar/Asolar: Arruinar (un país) destruyendo todo lo que hay en él. Verse afectado por una desgracia, pérdida, etc. quedando como si faltase todo.

**DESTROZO:** Acción de destrozar; el efecto. Destrozar: Romper, deformar despedazar, gastar (alguna cosa) dejándola en tan mal estado que no sirve para nada, que no se puede aprovechar, que no tiene reparación posible.

**DESTRUCCIÓN:** Acción de destruir; el efecto. Destruir: Deshacer (aquello que está construido); arruinar, aniquilar. Fig. Hacer desaparecer, poner fin a la existencia (de alguna cosa).

**DEVASTACIÓN:** Acción de devastar; el efecto. Devastar: Destruir el territorio, arrasando viviendas, bosques, cosechas, etc.

**ESTRAGO:** Gran daño, destrucción, mortalidad, causado por la guerra, una epidemia, una calamidad.

**MUERTO:** Que ha dejado de vivir.

**PÉRDIDA:** Daño, menoscabo.

**RUINA:** El hecho de caer, de derruirse una construcción. La cosa arruinada: Gran pérdida de los bienes que constituyen una fortuna o patrimonio.

**VÍCTIMA:** Persona que sufre un daño o desgracia por causas fortuitas.

La discusión de ambas familias de palabras nos permite deducir el porqué el concepto de riesgo suele expresarse, según muchos autores, en términos económicos.

El concepto de **peligrosidad** se refiere a la posibilidad de ocurrencia de un determinado fenómeno destructivo en un determinado lugar. El concepto de riesgo, en cambio, tiene en cuenta los daños que se espera que produzca dicho fenómeno catastrófico. Así, un riesgo es el producto de **la probabilidad de ocurrencia de un peligro** ( $P_c$ ) por el **valor de los daños (vidas o costos)** ( $C$ ) que puede ocasionar. En su expresión matemática más simple el riesgo se expresa como:

$$R = P_c \times C$$

De hecho, dadas las dificultades que conlleva la evaluación económica previa de los posibles daños asociados a un riesgo, los estudios suelen plantearse

en términos de evaluación de su peligrosidad. Sin embargo, la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno tampoco es un valor de fácil estimación. Aunque su cálculo se fundamenta en el concepto de ciclicidad de los fenómenos naturales, no deja de ser una aproximación probabilística a la realidad. El **período de retorno** de un suceso concreto es el tiempo medio que debe transcurrir para que un fenómeno se repita con igual intensidad. En su caracterización se utilizan criterios estadísticos, basados en las observaciones de campo, registros meteorológicos, informaciones históricas, dataciones absolutas, entre otros métodos.

#### Tipos de riesgos

Una primera distinción debe realizarse entre los **riesgos tecnológicos** y los **riesgos naturales**. Los Riesgos Tecnológicos están directamente asociados al mal funcionamiento de los sistemas tecnológicos y no serán abordados en este trabajo. Sus efectos suelen materializarse a través de explosiones, contaminación, emisiones radioactivas, etc. Ocupan una posición intermedia los riesgos ligados al agotamiento de los recursos naturales o a la acumulación anómala de materiales potencialmente contaminantes.

Los Riesgos Naturales, en cambio, son los que derivan de procesos que acontecen de forma natural en el medio y que pueden producir daños a alguna comunidad. Generalmente las situaciones de riesgo más evidentes son causadas por **fases paroxísmicas** (de magnitud superior a la normal) de los procesos geológicos o atmosféricos. En este caso, suelen actuar en un breve tiempo y producir efectos muy intensos (terremoto, inundación, tornado). Sin embargo, no podemos olvidar que algunos procesos actúan más lentamente con una baja intensidad pero con efectos acumulativos que pueden acarrear daños igualmente graves (erosión litoral, ascenso del nivel del mar, pérdida de suelo, ...).

Los riesgos naturales pueden afectar a áreas muy extensas, como por ejemplo el caso de una inundación, o a zonas muy reducidas, como en el caso de un desprendimiento de rocas. A una escala de afectación planetaria, algunos autores consideran, a nivel de clasificación, los llamados **Riesgos de los Sistemas Terrestres Globales**, que participan de las características de los riesgos naturales y tecnológicos. Algunos ejemplos de este apartado suelen relacionarse con el cambio climático: el calentamiento atmosférico, el agujero de ozono, el ascenso del nivel del mar, entre otros.

#### Clasificación de los riesgos naturales

Los riesgos naturales suelen subdividirse en función de la naturaleza de los procesos actuantes (Fig. 5). Así se suele hablar de **riesgos biológicos** (plagas, epidemias, migraciones de aves, etc.) y **riesgos físicos**, cuando su origen es totalmente abiótico. En este segundo grupo se distinguen cuatro tipos de riesgos: **meteorológicos o climáticos** (huracanes, tifones, tornados, tormentas, olas de frío, rayos, etc.), **geocli-**



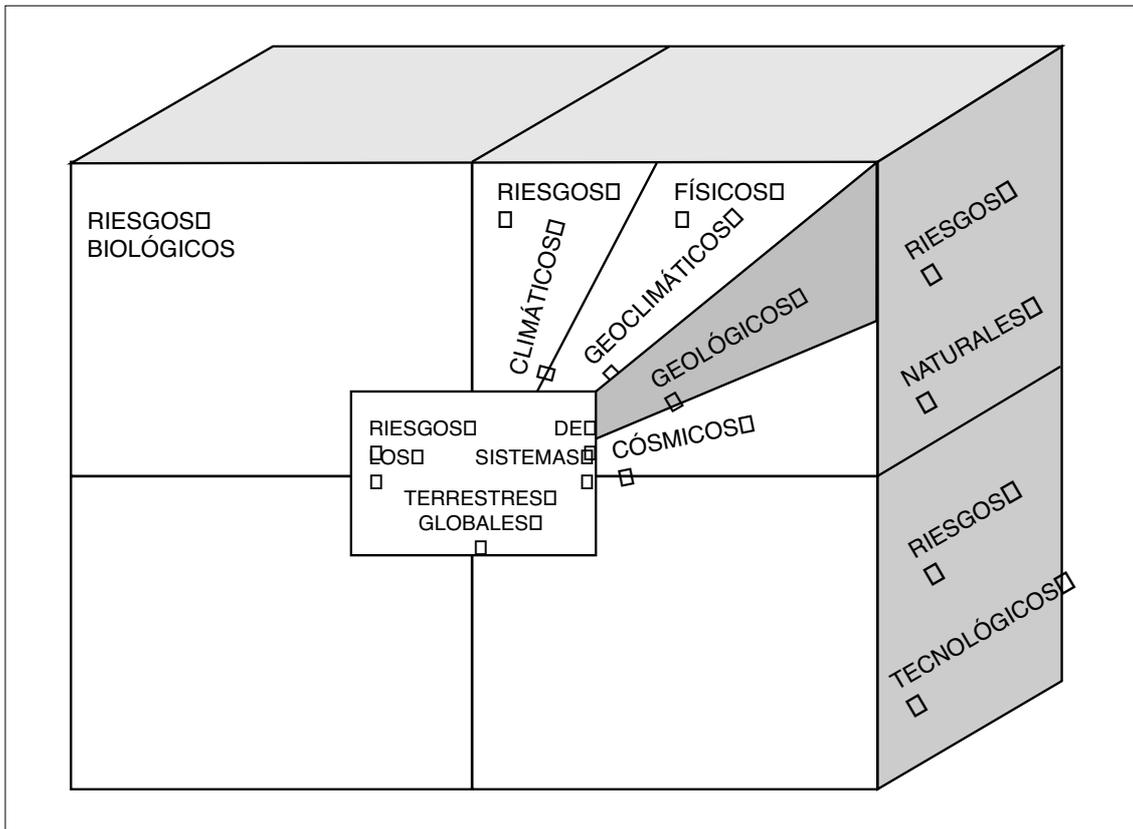


Figura 5. Los riesgos geológicos en el conjunto de los Riesgos (Según Ayala, 1988 en IGME, 1988).

**máticos** (inundaciones, avenidas, erosión, etc.), **geológicos** (vulcanismo, sismicidad, desprendimientos de tierras, etc. ), y **cosmológicos** (caída de meteoritos, evolución del Sol, etc.).

Suele simplificarse esta clasificación considerando los riesgos geológicos como equivalentes a los riesgos físicos, dado que -con la excepción de los cosmológicos- todos ellos responden a la dinámica externa o interna del planeta.

Sin entrar en su descripción pormenorizada, de la que puede encontrarse abundante bibliografía (Bolt, 1975; Booth & Fitch, 1986; IGME, 1988; Alexander, 1993; Coch, 1995; Suárez & Regueiro, 1997; entre otros), suelen distinguirse, según su origen, distintos tipos de riesgos geológicos (Tabla III):

| <b>Tabla III</b><br><br><b>Riesgos derivados de la dinámica interna</b>                          | <b>Riesgos derivados de la dinámica externa</b>   |
|--|---|
| Riesgo sísmico<br>Riesgo volcánico<br>Riesgo de Tsunamis<br>Riesgos de estructuras halocinéticas | Riesgo de erosión del suelo<br>Riesgos asociados a la dinámica fluvial y torrencial<br>Riesgos asociados a los movimientos de ladera<br>Riesgo de aludes de nieve<br>Riesgos de hundimiento del terreno<br>Riesgo de erosión y sedimentación eólica<br>Riesgos asociados a la dinámica marina<br>Riesgos meteorológicos<br>Riesgo de sequía y desertización |



## Riesgos naturales y riesgos inducidos

Tal como se ha indicado, los riesgos naturales se producen en el campo de interferencia entre los procesos naturales y la actividad humana. No obstante, algunos riesgos pueden considerarse como **inducidos** cuando la actividad humana ha sido la responsable directa del desencadenamiento de un proceso que puede producir daños. En estos casos no hablamos de riesgos tecnológicos sino de fenómenos naturales que, teniendo su origen en la acción humana, alteran el equilibrio natural del medio y desencadenan unos procesos de idéntica dinámica y consecuencias que los producidos en los fenómenos naturales (Fig. 6).

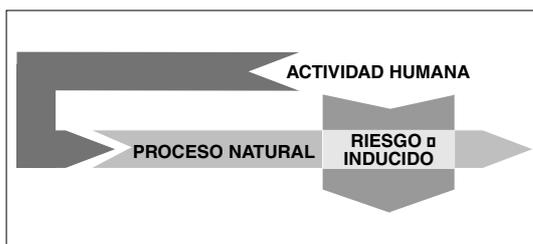


Figura 6. Esquema equivalente al de la figura 3 en el que se ilustra el concepto de riesgo inducido que se produce cuando la actividad humana es la causante directa de un proceso natural que puede producir daños.

Son muy numerosos los ejemplos de riesgos inducidos por la actividad humana:

- los deslizamientos de tierras derivados de la modificación de la pendiente de equilibrio en la construcción de vías de comunicación.
- la rotura de presas o depósitos de agua.
- los hundimientos del terreno por explotaciones mineras, sobreexplotación de acuíferos o tubificación asociada a conducciones de agua.
- los terremotos desencadenados en el llenado rápido de embalses

Es preciso distinguir, sin embargo, entre el riesgo inducido y la simple interferencia. Muchas veces, frente a catástrofes naturales, se buscan responsabilidades en la actuación humana, sin que por ello, las posibles faltas de previsión deban considerarse necesariamente como riesgos inducidos.

En una situación intermedia entre los riesgos naturales y los inducidos se definen los **riesgos mixtos**. Estos se producen en aquellas situaciones en las que el hombre juega un papel amplificador de un proceso que de forma natural se produciría a un ritmo mucho más lento.

### EJERCICIO 3

Buscar documentación adicional, si es necesario, y clasificar como riesgos naturales, inducidos o mixtos los siguientes ejemplos de catástrofes:

- La catástrofe del “Camping Las Nieves”, causada por la avenida en el cono de deyección del Barranco de Arás, en el Pirineo Aragonés el 7 de agosto de 1996.
- Un accidente aéreo acontecido a causa de la obturación de los reactores producida por las cenizas de una erupción volcánica.
- La rotura del depósito de agua de la ciudad de Melilla en otoño de 1997.
- La erosión producida en las laderas en las que se practica moto-cross.
- El hundimiento del terreno en una mina de talco en Austria, el pasado 18 de julio de 1998, en el que perecieron 10 mineros de un equipo de rescate y se hundieron 3 casas en un cráter de más de dos hectáreas de superficie y 50 metros de profundidad.
- La colmatación por arenas en un puerto deportivo situado en la costa.

## ACTUAR FRENTE AL RIESGO: LA REGLA DE LAS TRES “P”

Una vez la humanidad asumió con certeza que las catástrofes naturales no eran castigos divinos sino las consecuencias de determinados procesos geológicos o meteorológicos, un objetivo intensamente perseguido ha sido anticiparse a estos sucesos para conseguir adoptar las decisiones más correctas. Era y es preciso determinar: ¿cuando?, ¿donde?, ¿como? y ¿con que intensidad? actuará un proceso. Es decir, acotar con la máxima antelación posible el lugar, el momento y las proporciones e intensidad de un fenómeno para poder adoptar las medidas que permitan reducir los posibles daños a su mínima expresión.

La idea de anticipación ha proporcionado el prefijo “pre” a las tres palabras que aglutinan las posibles actuaciones humanas frente a los riesgos naturales: **predicción, previsión, y prevención**.

La **predicción**, desde la perspectiva del riesgo geológico, consiste en anunciar, antes de que suceda un fenómeno, la localización (el lugar o espacio en que se va a producir), el tiempo (el momento), el desarrollo y la intensidad con que va a actuar (Ayala, 1998 en IGME, 1988). Predecir no significa simplemente anunciar el futuro, como los adivinos, es preciso fundamentar científicamente las conclusiones. La herramienta de predicción espacial más utilizada es la **cartografía geológica** y, en concreto, los mapas de riesgos. Realizados a las escalas necesarias para cada objetivo los **mapas de riesgos** permiten acotar los riesgos potenciales que pueden afectar a un territorio y definir la superficie que afectarán.

La **previsión** representa un grado de precisión mayor en la definición del riesgo. Permite definir con antelación, a nivel estadístico, la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno en sus distintos gra-



dos de intensidad. La previsión supera a la predicción al ser capaz de acotar la **frecuencia** en la que se pueden producir algunos sucesos potencialmente catastróficos. También permite evaluar los efectos que tendrá un determinado riesgo y las consecuencias o implicaciones sociales del mismo frente a cada intensidad. Para evaluar los distintos elementos de la previsión, resulta imprescindible considerar los **factores** que influyen en su peligrosidad (situación geográfica, características geológicas, etc.) y en la evaluación de los posibles daños (intensidad del fenómeno, duración, densidad de población, tipo de actividad, tipología de las construcciones, etc.).

La predicción y la previsión se fundamentan en las observaciones de campo, los registros históricos y meteorológicos a la vez que se sustentan en los principios del actualismo y el uniformismo que rigen las interpretaciones geológicas. En este marco de referencia, no podemos olvidar que, aunque la investigación científica ha avanzado mucho en las últimas décadas en este campo, los estudios de previsión y predicción son todavía muy limitados.

La **prevención** es el conjunto de medidas basadas en la predicción y previsión que buscan disminuir al mínimo los daños económicos o sociales que puede producir un determinado riesgo natural. Las catástrofes solo se producen en aquellos lugares en los que actúa un riesgo potencial en condiciones de falta de prevención suficientes.

#### EJERCICIO 4

*La catástrofe acontecida a causa de la avenida en el Cerro de los Reyes, en Badajoz, el pasado mes de noviembre de 1997 (Fig. 7), en la que murieron 21 personas.*



*Figura 7. La tragedia del Cerro de los Reyes, en Badajoz (Extremadura) tuvo su origen en una avenida fluvial que un barrio construido dentro del lecho de un río. (FOTO de Dani Duch, en La Vanguardia del 9/11/97).*

*Analizar desde la perspectiva de las medidas de predicción, previsión y prevención, las declaraciones a los distintos medios de comunicación de diversas personas con motivo del suceso, antes y después de la aparición de las explicaciones de los expertos.*

- **“La naturaleza nos da desagradables y tristes sorpresas”**  
(declaraciones a Catalunya Ràdio de la Jefe de prensa del Gobierno Autónomo de Extremadura, pocas horas después de la riada).
  - **“La catástrofe era imprevisible.” “Ninguna prevención habría podido parar esto.”**  
(Juan Carlos Rodríguez Ibarra, Presidente de la Junta de Extremadura en El Periódico, el 7/11/97)
  - **“A nosotros nadie nos había prevenido y pagamos las consecuencias.”**  
(Vecino del Cerro de los Reyes en El Periódico, el 8/11/97)
  - **“La tragedia era inevitable e impredecible. Los vecinos levantaron sin permisos sus casas hace 40 años, el Ayuntamiento no tiene competencias para retirar las construcciones.”**  
(Miguel Celdrán, Alcalde de Badajoz en El Periódico, el 8/11/97)
  - **“Yo no puedo levantar el teléfono y darle una orden al Ejército para que desaloje las viviendas, porque el Ejército no acepta mis órdenes, acepta las órdenes que le llegan desde sus mandos naturales, que es el Gobierno Central.”**  
**“Ya está bien de decir barbaridades y tratar de hacer carnaza pidiendo responsabilidades por lo ocurrido. ¡Yo soy el único responsable!”**  
(Juan Carlos Rodríguez Ibarra, Presidente de la Junta de Extremadura en El Mundo, el 8/11/97)
  - **“Sólo la naturaleza es responsable de unas circunstancias como las surgidas.”**  
(Oscar Balsega, Delegado del Gobierno en Extremadura)
- 
- **“El Cerro de los Reyes estaba incluido desde el año 86 en un mapa oficial de riesgos”**  
(Francisco Ayala, uno de los autores del informe titulado “Mapa Previsor de riesgos por Inundaciones en Núcleos Urbanos de Andalucía y Extremadura”, publicado el año 1986 por el Instituto Geológico y Minero de España.)
  - **“La tragedia no se debió sólo a la mala ubicación de esta barriada, sino también al hecho de ser viviendas humildes, de planta baja y muy vulnerables”**  
(Francisco Ayala, en declaraciones a la agencia Efe, publicadas por El Mundo, el 8/11/97)
  - **“No se puede construir en el cauce de un río, porque cada 10, 20 o 100 años, puede ocurrir una catástrofe” “Es necesario modernizar la política hidráulica, que está obsoleta. Casi todos los recursos se gastan en hormigón y la administración sobre el agua se basa en construir muros en paralelo o en perpendicular a los ríos”**  
(Ramón Llamas, Catedrático de Hidrogeología de la Universidad Complutense de Madrid, en El Mundo, el 8/11/97)
- 
- **“Habrá que sacar conclusiones en los próximos días, y siempre se podrá aprender algo de la tragedia”.**  
(Juan C. Rodríguez Ibarra, en El Mundo, el 8/11/97)



Las actuaciones preventivas distinguen entre **medidas estructurales** y **no estructurales**. Las primeras se consideran también medidas **activas** ya que comportan la realización de obras o construcciones que persiguen anular o disminuir significativamente el riesgo de daños frente a un fenómeno de una determinada intensidad.

Las medidas estructurales suponen una inversión más o menos importante de fondos públicos o privados para proteger a las personas o sus bienes. Entre los múltiples ejemplos de estas actuaciones se pueden citar las canalizaciones artificiales de cursos fluviales, las construcciones sismoresistentes, los muros o anclajes de taludes de las carreteras, o las escolleras que previenen la erosión de las arenas de algunas playas.

Las medidas no estructurales, o **pasivas**, no requieren de una actuación directa sobre el medio. Se articulan entorno a una planificación preestablecida de cada zona en función de los usos que en ella se dan y del equilibrio de éstos con los procesos naturales y los riesgos que de ellos se derivan. Su objetivación pasa necesariamente por estudios de **Ordenación Territorial**, basados en una cartografía de riesgos. Los avances científico-tecnológicos permiten, hoy en día, progresar en la integración de todo este tipo de información en Sistemas de Información Geográfica que pueden permitir incluso un seguimiento de los procesos en tiempo real que ayude en la toma de decisiones.

También pueden considerarse medidas no estructurales el establecimiento de canales y sistemas de información y formación frente al riesgo. Asimismo, se incluyen en este apartado todos aquellos **planes y protocolos de actuación** frente a situaciones de emergencia que habitualmente se organizan desde los servicios de Protección Civil y las administraciones públicas.

En la adopción de medidas preventivas es muy importante considerar que los riesgos naturales, en muchas ocasiones, no se presentan separados en el tiempo y en el espacio.

Resulta común que frente a una situación de tormenta, por ejemplo, los riesgos potenciales sean **múltiples**: riesgo de granizo, riesgo de inundación, riesgo de deslizamientos, riesgo de erosión, entre otros. También existe la posibilidad que un determinado fenómeno natural sea el desencadenante de otros riesgos. Un ejemplo claro pudiera ser el riesgo de tsunamis o movimientos de tierra desencadenados a partir de un terremoto. Los riesgos derivados de un riesgo inicial se denominan **riesgos colaterales**.

## ALGUNOS RECURSOS DIDÁCTICOS EN EL TRATAMIENTO DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS

### Los riesgos en la enseñanza

Los riesgos naturales en general y, en particular, los riesgos geológicos son uno de los temas más agradecidos para los docentes, a cualquiera de los niveles de enseñanza en los que se plantee su tratamiento. La concepción de peligro que llevan asociada y las vivencias personales de los estudiantes suelen crear un sentimiento de proximidad o vulnerabilidad que genera una predisposición favorable al aprendizaje.

Por otro lado, las innumerables noticias de sucesos catastróficos que proporcionan la prensa, la radio o la televisión y la cada vez mayor percepción social e información sobre el tema, que llega a plasmarse en avisos del nivel de riesgo de algunos fenómenos (de aludes de nieve, de incendios, de precipitaciones tempestuosas, de erupciones volcánicas, etc.), facilita la disponibilidad de materiales y la elaboración de numerosos recursos didácticos para su desarrollo.

Es importante insistir en el hecho de que el tratamiento de los riesgos geológicos no debe plantearse únicamente como una descripción geológica de los procesos que los producen. Su enfoque debería abordarse desde una perspectiva mucho más amplia, en el campo de las Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, que incluyera aspectos económicos, sociales, tecnológicos, o legislativos, entre otros<sup>2</sup>.

Algunos materiales y recursos didácticos han sido propuestos y ejercitados en el marco de anteriores Simposios sobre la Enseñanza de la Geología o de las páginas de esta revista (véase García Aguilar, 1996; Bach et al., 1998, etc.). A ellos y a otros muchos nos remitimos, pretendiendo simplemente, desde aquí, aportar algunas ideas nuevas o insistir en aquellas que nos parecen más interesantes.

Al margen de los ejercicios, ya planteados a lo largo del texto anterior, indicamos, a continuación algunas de las **actividades** que hemos seleccionado para el taller:

### ACTIVIDADES

#### 1. Las noticias de prensa

Los recortes de prensa sobre catástrofes naturales son una fuente inagotable de recursos para abordar el tema de los riesgos geológicos. No suele pasar un día en que, como titulares destacados o como pequeñas notas de sucesos, estén presentes en cualquier periódico.

(2) Recomendamos especialmente desde estas líneas la consulta de la *Guía ciudadana de los Riesgos Geológicos*, editada por Suárez y Regueiro (1997) y publicada por el Colegio Oficial de Geólogos. En esta obra, la descripción de los riesgos se plantea de forma pluridisciplinar a la vez que, al final de cada capítulo, incorpora una extensa bibliografía y materiales audiovisuales sobre cada tipo de riesgo.



Sin llegar a conseguir el efecto impactante de unas imágenes de televisión, las noticias de prensa tienen la ventaja de ser mucho más numerosas y fáciles de recopilar. Podemos recurrir a un archivo elaborado por los docentes o sugerir a los estudiantes que las recorten de la prensa durante un cierto tiempo.

A partir de este material las posibilidades son muchas, por lo que sólo sugeriremos algunas:

- Podemos analizar el tipo de tratamiento de una misma noticia que caracterizan los estilos informativos de distintos periódicos (sensacionalista, riguroso, cuantitativo, cualitativo, aséptico, científico, etc.)
- Podemos discutir el grado de importancia que

se otorga a cada catástrofe en función de distintos criterios (número de víctimas, proximidad geográfica, países desarrollados o tercer mundo, responsabilidad de las administraciones públicas, etc.)

- Podemos clasificar las noticias en función del tipo de riesgos que las han originado
- Podemos evaluar, para un periodo y ámbito geográfico determinados las víctimas, daños y costes económicos que se derivan de cada una de las catástrofes.

En el marco del taller, y a partir de un archivo documental, se propone utilizar la siguiente ficha (Fig. 8) de análisis y discusión para las noticias sobre riesgos geológicos publicadas en la prensa:

| <b>FICHA DE INVENTARIO DE RIESGOS NATURALES</b>   |                     |
|---|---------------------|
| Localidad y Toponimia:  |                     |
| Fecha del suceso o de la observación:   | Fecha de la noticia |
| Fenómeno descrito (detalles del suceso):  |                     |
| Tipo de riesgo natural causante del suceso (indicar su origen con la máxima precisión):   |                     |
| ¿La superficie afectada es: grande ( $\geq 1000$ a $100 \text{ km}^2$ ), mediana ( $100$ a $1 \text{ km}^2$ ), pequeña ( $\leq 1 \text{ km}^2$ ) ?  |                     |
| ¿Es posible establecer algunos factores desencadenantes ? ¿Cuales?  |                     |
| ¿El riesgo ha sido inducido directamente por la actividad humana? ¿Por que?   |                     |
| ¿Pueden derivarse de el suceso otros riesgos colaterales asociados? ¿De que tipo?   |                     |
| ¿Era posible predecir y prever este riesgo?   |                     |
| A partir de la información proporcionada y los conocimientos sobre el tema...¿Que probabilidad de ocurrencia podríamos atribuir a un suceso de este tipo: inferior a 1 año, entre 1 y 10 años, entre 10 y 25 años, entre 25 y 100 años, entre 100 y 500 años, entre 500 y 1.000 años, entre 1.000 y 1.000.000 años, superior a 1.000.000 años ? |                     |
| ¿Era o es posible prevenir este tipo de riesgos a partir de medidas conducentes a disminuir el daño económico, personal o ambiental ? ¿De que tipo deben ser las medidas?   |                     |
| ¿Cual puede ser el costo de las medidas compensatorias o de restauración: alto, moderado o bajo?  |                     |

Figura 8. Ficha de inventario de los riesgos geológicos aparecidos en la prensa u observados en el campo.



Los distintos apartados que incorpora el cuestionario pueden aplicarse también a ejemplos concretos visitados durante las salidas de campo. Ya sea en el aula, el laboratorio o el campo, se pretende obtener la máxima información de cada riesgo o suceso, más allá de la simple diagnosis de lo sucedido. Resulta interesante promover el debate por lo que se refiere a las medidas de predicción, previsión y prevención relacionadas con cada suceso.

## 2. Las señales de tráfico

El código de circulación internacional con los matices locales propios de cada territorio, incluye entre sus preceptos el conocimiento y cumplimiento de las señales de tráfico. Este conjunto de iconos suele utilizar unos elementos de representación muy visuales y sintéticos que facilitan una comprensión inmediata de la información que pretenden proporcionar.

Un triángulo equilátero, con un vértice hacia arriba y con el de borde rojo es el indicativo genérico de una situación de peligro en la carretera. Sobre un fondo interior blanco o amarillo se inscriben distintos símbolos que representan peligros potenciales para la circulación. Algunas de estas señales representan situaciones de peligro que tienen su origen en determinados riesgos naturales.

Proponemos, a partir de las señales de un esquema de las señales de peligro (fig. 9), entablar una discusión sobre los riesgos naturales de los que pretenden informar.

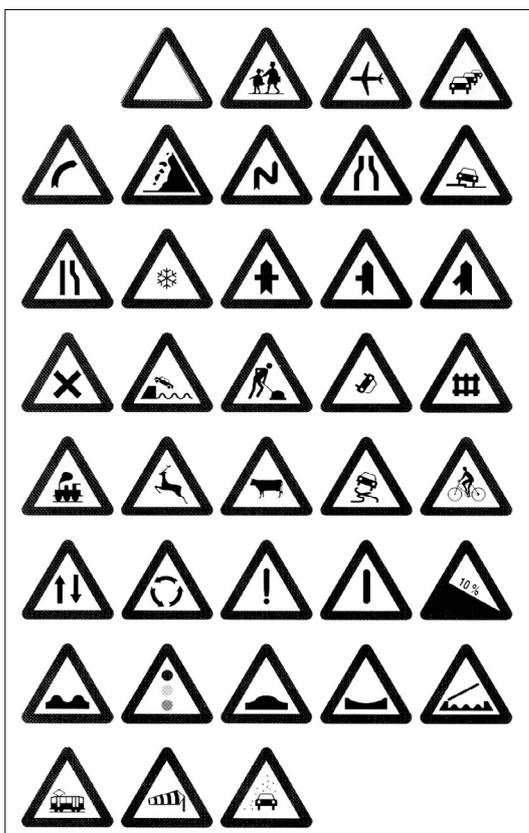


Figura 9. La señales de peligro más comunes del código de circulación. ¿Cuales de ellas representan riesgos naturales? ¿De qué tipo?

También podemos formular algunas preguntas:

- ¿Todos los riesgos naturales están recogidos en las señales de peligro?
- ¿Nos informan las señales del momento concreto en que se puede producir el peligro?
- ¿Alguien ha visto en las carreteras informaciones complementarias a las señales de peligro? ¿Qué indican?
- ¿Alguien conoce señales de riesgos naturales de otros países que no se indiquen en nuestro Código de Circulación?

Podemos plantear a los estudiantes la posibilidad de sugerir propuestas de nuevas señales de tráfico para algunos riesgos naturales no contemplados. En niveles de enseñanza iniciales y primarios podemos organizar un concurso de ideas para elegir la mejor señal para cada riesgo.

Las señales de tráfico también pueden ser utilizadas durante las salidas de campo para abordar los riesgos geológicos.

## 3. Los riesgos naturales en las pólizas de seguros

Las conexiones entre los riesgos naturales y las repercusiones sociales y económicas que pueden causar los daños por ellos producidos cuentan con muchos ejemplos en nuestra vida cotidiana (Fig. 10). Uno de los más evidentes, y por su trascendencia dineraria, más evaluado lo encontramos en los seguros.

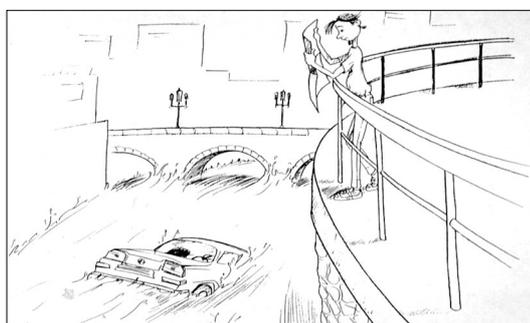


Figura 10. Las situaciones de riesgo pueden quedar cubiertas o excluidas por las condiciones de las pólizas de seguros. Dibujo de Quim Paredes (1993).

Las pólizas de seguros más habituales que podemos conseguir (de vehículos, del hogar o de comunidades de propietarios, etc.) nos pueden ser útiles para plantear con los estudiantes de ESO, Bachillerato o Universidad, algunas cuestiones y ejercicios sobre los riesgos naturales.

Proponemos, a partir de algunos ejemplares de las condiciones generales de las pólizas indicadas, trabajar, entre otras muchas posibilidades los siguientes aspectos:

- Constatar que, desde el punto de vista del asegurador: "un siniestro solo es aquel hecho cuyas consecuencias estén garantizadas por las condiciones de la póliza".

- Observar cuales son los riesgos (naturales) cubiertos y cuales los excluidos por la póliza en la modalidad de daños o incendio.
- Indicar cuales son los riesgos considerados extraordinarios que quedan excluidos de las condiciones generales de las pólizas. ¿Quién asume los costos derivados de los daños producidos por los riesgos considerados extraordinarios?
- En la contratación de seguros que contemplen la cobertura de esos riesgos extraordinarios... ¿Que riesgos quedan incluidos, y cuales excluidos? ¿Cuales son los riesgos agravados?

Puede que esta actividad no resulte especialmente amena o divertida. No obstante, permite a los estudiantes familiarizarse con “la letra pequeña” de un contrato y un servicio que difícilmente se podrá librar. Podemos buscar una mayor motivación planteando ejemplos concretos de siniestros y analizarlos su cobertura o exclusión en los seguros.

#### 4. Modelización de movimientos de ladera y hundimientos

Los deslizamientos, desprendimientos y hundimientos de materiales geológicos suelen afectar a zonas no muy extensas del territorio y no es muy común que ocasionen un número de víctimas tan elevado como otros riesgos geológicos. No por ello sus consecuencias son despreciables. Tan solo en España los costos derivados de este tipo de fenómenos pueden alcanzar anualmente los 30.000 millones de pesetas (Suárez y Regueiro, 1997).

Proponemos simular y modelizar algunos de estos procesos en el laboratorio a partir de materiales muy fáciles de conseguir. Debemos tener en nuestro poder:

- Un recipiente de plástico (de unos 1000 cm<sup>2</sup> de superficie y unos 10 cm de profundidad)
- una bolsa con arena fina de río o de playa suficiente para llenar dos terceras partes del recipiente
- arenas medias y gruesas de diámetros suficientemente contrastados
- una regadera con difusor
- un pulverizador de agua de los habituales en jardinería doméstica (nos puede servir la botella vacía de algún limpiador, quitamanchas o equivalente).
- un cuchillo, un tenedor y una cuchara de plástico
- algunos globos y agua corriente.

Sin disponer aquí del espacio suficiente para una descripción pormenorizada de los pasos a seguir, seguiremos, tras introducir teóricamente el tema:

- observar los distintos ángulos de reposo que caracterizan a cada diámetro de material no consolidado.
- demostrar como, en arenas finas, al añadir agua en una determinada proporción aumenta la cohesión del sedimento y el ángulo de reposo puede ser mayor e incluso superar la verticalidad.
- constatar que al superar un determinado contenido en agua, el sedimento se fluidifica y desliza.

- valorar los factores influyentes que pueden desencadenar un deslizamiento (precipitaciones muy intensas, precipitaciones ligeras pero acumulativas, temblores de tierra, variaciones naturales o artificiales de la pendiente natural del terreno, orientación de los planos de debilidad de los materiales geológicos, etc.).
- discutir sobre aquellos factores o medidas preventivas que pueden disminuir el riesgo de los procesos de deslizamiento.
- poner en evidencia el distinto comportamiento de los materiales geológicos (alternando, por ejemplo, granulometrias distintas de arenas con tramos u objetos rígidos colocados sobre ellas).
- simular el hundimiento del terreno a partir de cavidades existentes en el subsuelo (con un globo hinchado bajo la arena). Podemos también rizar el rizo llenando el globo de agua en una situación de saturación de la maqueta para observar la formación de un lago tras el hundimiento.

Estos y otros muchos aspectos nos deben permitir visualizar los procesos de unos de los riesgos menos conocidos y puede que menos desarrollados en las aulas.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, D. (1993). *Natural Disasters*. UCL Press. London.
- Ayala, F. J. (1998). Introducción a los riesgos geológicos. En IGME (1988) *Riesgos geológicos*. Serie Geología Ambiental. Madrid.
- Bach, J., Correig, T., Grau, R., De Manuel, J. y Tejero, F. (1998). Propuesta de actividades en Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente: Trabajando gradientes ambientales con isolíneas. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 6.1. AEPECT. Girona. pp. 79-88.
- Bolt, et al. (1975). *Geological Hazards*. Springer-Verlag. NY.
- Booth, B. & Fitch, F. (1986). *La inestable Tierra*. Salvat. Barcelona.
- Cock, N. K. (1995). *Geohazards (Natural and Human)*. Prentice Hall
- García-Aguilar, J.M. (1996). Los riesgos naturales: aplicaciones didácticas en la enseñanza de las Ciencias Medioambientales para niveles de Bachillerato. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 4.2. AEPECT. Girona. p. 142 + documentación multicopiada para el taller.
- Graulich, M. (1992). “La Piedra del Sol” en: *Azteca-México, las culturas del México antiguo*. Lunberg Ed. Madrid. pp. 292-295.
- IGME (1988). *Riesgos geológicos*. Serie Geología Ambiental. Madrid.
- León-Portilla, M. (1970). En “Teotihuacan, origen de la quinta edad del mundo” en: *Los antiguos mexicanos*. México. pp. 15-19.
- Suárez, L & Regueiro, M. (eds.) (1997). *Guía ciudadana de los riesgos geológicos*. Versión española de la “Citizens’ Guide to Geological Hazards” publicada por The American Institute of Professional Geologists (1993). Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España. Madrid. 196 p.
- Tank, R.W. (1983). *Environmental Geology*. Oxford Univ. Press. NY. ■

