

David Wilgenbus, Cédric Faure y Olivier Schick

Cuando la Tierra ruge

Proyecto de educación en riesgos en la Educación Básica

Guía del maestro

La mano en la masa

Cuando la Tierra ruge

Vivir con el riesgo

Autores

David WILGENBUS (coordinador)

Cédric FAURE

Olivier SCHICK

Traductores y editores del español

Luisa PINTO LINCOÑIR (coordinadora, editora y revisora especialista en Geología)

Geraldo BROWN GONZÁLEZ (coordinador, editor y revisor especialista en didáctica de las ciencias)

Marta MADRID PIZARRO (editora y revisora especialista en didáctica de las ciencias)

Silvia MADRID PIZARRO (Traductora, QEPD)

Angeline Jean ALINE BERTIN (Traductora)

Aude PIRON (revisora especialista en Geología)

Fernando POBLETE GÓMEZ (revisor especialista en Geología)

German VARAS SIRIANY (traductor y revisor especialista en Educación)

Christian PIZARRO ARAYA (revisor especialista en Geología)

Carlos DONOSO PACHECO (editor especialista en libros escolares)

Luna ARACELI PÉREZ (editora)

Éditions

Le Pommier

Introducción

¿Por qué estudiar los riesgos naturales en el colegio?

La explosión demográfica y la colonización de nuevos espacios –particularmente en el lecho mayor de los ríos y cerca de las costas– han aumentado considerablemente la exposición de las poblaciones a los peligros naturales. Además, la desertificación de los campos y la proliferación de las metrópolis por el urbanismo, a menudo mal controlado, han acrecentado la vulnerabilidad de nuestras sociedades frente a las catástrofes.

Algunos acontecimientos recientes, que han tenido un fuerte impacto, tanto en lo humano como en lo financiero, han marcado profundamente los espíritus. Citemos, a título de ejemplos: el *tsunami* de Asia en 2004; el sismo en Haití, en 2010; la tempestad Xynthia, en el litoral francés, en 2010; el sismo de Chile, en 2010; el *tsunami* de Japón, en 2011.

En la mayor parte de los casos, el número de víctimas podría haber disminuido considerablemente si las poblaciones hubiesen sido convenientemente informadas, responsabilizadas y preparadas. Esta es la razón por la cual el plan de acción adoptado en 2005 por las Naciones Unidas, con el fin de reducir los riesgos ante catástrofes naturales, concede un importante lugar a las acciones de sensibilización y educación.

Educación para el desarrollo sustentable y educación en riesgos

La educación en riesgos consiste en enseñar a los niños a vivir con los riesgos de la manera más responsable posible; y en transmitirles una cultura del riesgo y una comprensión de los peligros y de lo que está en juego, con el fin de que puedan adoptar un comportamiento adecuado a esas circunstancias. Aunque forme parte de la Educación en Desarrollo Sustentable (EDS), la educación en riesgos se encuentra aún poco difundida en el medio escolar, sin duda por falta de recursos pedagógicos o de formación del profesorado en este tema.

Los proyectos educacionales existentes pueden ser categorizados según dos aproximaciones, en general opuestas:

- La primera aproximación está orientada hacia la acción. Consiste en realizar juego de roles o de simulaciones (semejantes a los ejercicios de alerta de incendios), de manera que los niños desarrollen *automatismos* y sepan comportarse en forma adecuada frente a una situación cercana a la que ha sido simulada. Esta aproximación se focaliza naturalmente en los riesgos locales presentes, que conciernen directamente al niño en la escuela (¿para qué estudiar el riesgo volcánico, cuando la escuela está sometida al riesgo de inundación o a deslizamientos de terrenos? O viceversa).

- La segunda aproximación está orientada hacia la comprensión. Consiste en realizar actividades de carácter científico. Se proporciona a los niños un amplio conocimiento del riesgo y una comprensión de los fenómenos en juego, de modo que puedan determinar por sí mismos cuáles son las conductas a adoptar. Esta aproximación se focaliza generalmente en los riesgos que tienen la ventaja de prestarse mejor para este tipo de investigación (es más fácil modelar, en la escuela primaria, la formación de un volcán que la propagación de un incendio y, además, el tema de los volcanes está en el programa y no el de incendio forestal), aunque no se trate siempre de riesgos realmente presentes en el entorno de los niños.
- Notamos que, aunque exóticos, algunos riesgos están en el imaginario de los niños por su permanente aparición en los medios de comunicación. Esto último, al focalizarse en la emoción, puede fácilmente llegar a ser angustiante si carece de un esfuerzo de comprensión. La escuela tiene, pues, un rol que jugar también en este caso.

El enfoque adoptado por los autores de esta obra, que es innovadora en este sentido, no opone estas dos aproximaciones. Al contrario, propone un proyecto pedagógico coherente, que asocia lo local y lo global, y que se centra tanto en el conocimiento como en la experiencia vivida.

Así, las tres primeras secuencias proponen estudiar los volcanes, los sismos y los *tsunamis*, respectivamente, según una aproximación principalmente científica (pero que no ignora la prevención), mientras que la cuarta secuencia ofrece un esquema metodológico destinado a facilitar el estudio del riesgo local, su percepción por la población y los medios para protegerse.

La escuela primaria y la municipalidad *codo a codo*

Un proyecto como este, es por esencia multidisciplinario. Moviliza conocimientos y competencias resultantes de las ciencias en general, de la geografía y matemáticas en particular y de la instrucción cívica; pero también de las nuevas tecnologías, del aprendizaje del idioma, entre otros. Saca provecho, por tanto, de la polivalencia del maestro y de los programas de la escuela primaria, fomentando esta aproximación transversal.

Otra razón por la cual la escuela primaria ofrece un contexto particularmente favorable a este proyecto es la proximidad que debe existir entre ella y la municipalidad en el tema de prevención de riesgos.

En efecto, es la municipalidad la que tiene la responsabilidad legal de informar a sus habitantes de los riesgos presentes en la comuna y es también ella quien está a cargo de las escuelas primarias. Profesores y municipalidad debiesen trabajar *codo a codo* para responder, cada cual, a sus obligaciones legales y a sus objetivos pedagógicos. Esta aproximación, que puede parecer natural, no lo es tanto en la práctica, y es aplicada solamente en muy raras ocasiones.

Uno de los objetivos del proyecto *Cuando la Tierra ruge* es, precisamente, ofrecer a las escuelas y a las municipalidades una herramienta común y una metodología que les permita trabajar colaborativamente en la prevención de los riesgos naturales.

Enfoque Científico

La definición que doy de riesgo mayor: es la amenaza sobre el hombre y su entorno directo, sobre sus instalaciones, la amenaza cuya gravedad es tal que la sociedad se encuentra absolutamente sobrepasada por la inmensidad del desastre.

Haroun Tazieff

¿Se podría decir, por lo tanto, que la naturaleza debe ser sometida a nuestras leyes y que, para prohibirle un terremoto en alguna parte, solo tenemos que construir allí una ciudad?

Jean Jacques Rousseau

Mitos y leyendas

Desde siempre, las manifestaciones coléricas de la Tierra, tales como la erupción de los volcanes o los terremotos, han inspirado a la humanidad tanto temor como admiración.

El desconocimiento de estos fenómenos naturales, asociado a la magnitud de las catástrofes que provocan en las sociedades humanas, los ha hecho objeto de mitos y leyendas.

Sobre los volcanes

En todos los continentes, y en diversas épocas, los volcanes se han considerado manifestaciones de fuerzas sobrenaturales o divinas, contribuyendo a veces a prácticas rituales como sacrificios de seres humanos o de animales.

Los mitos son numerosos y variados, pero mencionaremos sólo algunos ejemplos.

En Europa

Es en la mitología romana donde encontramos los orígenes de la palabra *volcán*. Así, Vulcano, hijo de Júpiter y Juno, es el señor del fuego, de la fragua y de los volcanes. Rechazado por su madre después de su nacimiento debido a su físico ingrato, fue recogido por Tetis y Eurynome. Para algunos, Vulcano instaló luego sus fraguas en las profundidades de un cráter llamado Vulcano, situado en las islas Eólicas, en Sicilia. Otros prefieren situarlo bajo el Etna.

Vulcano recibió en matrimonio a Venus, una diosa tan bella como feo era él. Venus lo despreciaba y lo engañaba a menudo, provocándole terribles cóleras: las erupciones volcánicas.

Este personaje está inspirado en la mitología griega, según la cual Hefesto se había refugiado con los Cíclopes en las entrañas del Etna.

Las erupciones volcánicas están asociadas a su trabajo, que consistía en fraguar las armas de los dioses, particularmente los rayos de Zeus.

En América del Norte

Los indígenas que poblaban Oregón creían que el dios del fuego residía en el monte Mazama y que el monte Shasta era la morada del dios de la nieve. La rivalidad existente entre el bien (la nieve) y el mal (el fuego) desembocó en un conflicto durante el cual el dios del fuego fue vencido y el monte Mazama decapitado, formando así la caldera del Cráter Lake.

En el archipiélago de Hawai, la leyenda de la diosa Pelée es muy famosa. Símbolo de la juventud y de la belleza, se habría refugiado bajo el Kilauea, a consecuencia de las numerosas peleas con su hermana Namakaokahai, diosa del océano. A la menor contrariedad, Pelée descargaba flujos de lava y abría los cráteres mediante un simple golpe de talón.

El culto a la diosa Pelée está todavía muy presente entre los hawaianos, que ven su cabello surgir desde las fuentes de lava y su cuerpo dibujarse dentro de los flujos de esa lava. Numerosas ceremonias continúan organizándose en su honor.

En América del Sur

Para numerosos pueblos de América del Sur, los volcanes eran lugares sagrados, en cuyas cimas se edificaban los santuarios. Allí se han encontrado cuerpos de niñas sacrificadas.

Los aztecas consideraban las erupciones como una señal de los dioses, que protestaban así en contra de los conquistadores, acusados de profanar sus lugares sagrados.

En el año 1600, en el Perú, el volcán Huaynaputina entró en erupción. Pensando que los volcanes estaban unidos por galerías, los indígenas esperaban que el volcán Misti, ubicado muy cerca del Huaynaputina, entrara también en erupción para expulsar a los conquistadores. No fue así, y esta ausencia de reacción del volcán fue interpretada como una aceptación de la presencia española. Por esta razón, el volcán fue rebautizado con el nombre de San Francisco.

En Oceanía

Para el pueblo maorí, tres grandes volcanes existían en la isla de Nueva Zelanda del Norte: el monte Taranaki, (también conocido como volcán Egmont), su esposa Ruapehu y el volcán Tongariro. Un día habría estallado una violenta disputa entre los dos volcanes machos, ambos enamorados de Ruapehu. Taranaki habría perdido el combate y huido hacia el oeste, creando de este modo el río Wanganui.

Hoy en día, Ruapehu y Taranaki, todavía enamorados, se envían a veces bocanadas de humo, mientras Tongariro humea y se consume de cólera.

Los maoríes evitan establecerse entre los dos volcanes enemigos, por temor a que una nueva querrela estalle un día.

En Asia

En la isla de Java se cuenta que, hace mucho tiempo, vivía una pareja en una aldea, en las proximidades del monte Bromo. La pareja, infeliz por no tener un hijo, pidió al dios residente en el volcán que les diera un descendiente. El dios aceptó, pero con la condición de que sacrificasen a uno de los hijos en el cráter del monte Bromo. Ellos aceptaron, sin reflexionar demasiado, y dieron nacimiento a veinticinco niños, pero rehusaron sacrificar a uno de ellos por lo mucho que los amaban.

Ante el incumplimiento de la promesa, un día el monte Bromo entró en erupción, causando muchas víctimas con sus nubes ardientes. Ante esto, el hombre y la mujer recordaron dicha promesa y aceptaron sacrificar a uno de los niños, al más joven. A continuación, hicieron regularmente ofrendas en el cráter.

Desde entonces, una vez por año tiene lugar una ceremonia en los flancos del volcán, en el curso de la cual se realizan plegarias y sacrificios, y se lanzan al cráter ofrendas de animales, de flores, de dinero.

Sobre los Sismos

Las leyendas relativas a los sismos son mucho más escasas que las de los volcanes. Sólo podemos emitir hipótesis para explicar esta diferencia.

- Tras una erupción, los volcanes dejan una construcción majestuosa, mientras que un sismo deja nada (además, ¿a quién y dónde hacer ofrendas, en este último caso?).
- Una erupción es un fenómeno bastante prolongado y muy espectacular, en tanto que los sismos no duran más que algunos segundos y se manifiesta únicamente por temblores en la Tierra.
- El principal peligro, durante un sismo, es el derrumbamiento de los edificios. Esto debió ser algo relativamente raro y sin grandes consecuencias en una época en la que la población era mayoritariamente rural y muy dispersa.

En Japón, sin embargo, se han desarrollado leyendas en torno a los sismos, entre las cuales, la más extendida da cuenta de que el archipiélago descansa sobre el lomo de un pez-gato gigante, llamado Namazu, que es vigilado por el dios Kashma Daimyojin, el único capaz de dominarlo. Cuando éste deja de prestar atención, el pez-gato aprovecha para moverse en todos los sentidos, lo que causa terremotos y ocasiona numerosas destrucciones.

Existe gran cantidad de frescos que cuentan la historia de Namazu y de Kashma Daimyojin.

Hay que destacar que los peces-gato son efectivamente muy sensibles ante los signos previos a un sismo y que muchos testimonios relatan el comportamiento extraño de este animal en las horas anteriores a ciertos temblores.

Por ello, no debe extrañar que, en la actualidad, la imagen del pez-gato se utilice en las alertas sonoras en los teléfonos móviles, en los computadores y en la televisión, así como en algunas señales viales, notificando la existencia de caminos cerrados en caso de riesgo mayor de terremoto.

Sobre los *Tsunamis*

El archipiélago de Santorini, también llamado Thera, está formado hoy día por cinco islas distintas, que se ubican al sudeste de Grecia, en el mar Egeo. Se trata de un verdadero puerto natural, cuya forma circular corresponde a una caldera o hundimiento de la parte central de un volcán, que entró en erupción y explotó en la era minoica, alrededor de 1.500 a.C.

Esta erupción, una de las más importantes de la Antigüedad, produjo un cataclismo en toda la región mediterránea. La explosión y el hundimiento del volcán provocaron un

gigantesco *tsunami* que devastó las costas mediterráneas, destruyendo la civilización minoica, en Creta.

Este evento catastrófico dio origen, sin duda, al mito de la Atlántida. Podemos encontrar una huella de esta leyenda en el Timeo, de Platón, donde Critias el Joven narra a Sócrates una historia que ha escuchado:

... en los tiempos que siguieron, ocurrieron terremotos violentos y cataclismos; en un solo día y una noche funesta, ... el pueblo entero, en masa, se hundió bajo tierra, e igualmente la isla Atlántida se hundió bajo el mar y desapareció. De ahí viene que aun en nuestros días allí el mar es impracticable e inexplorable, obstruido por los fondos de fango que la isla ha depositado dañándose.

El Planeta Tierra

Un nacimiento tumultuoso

La actividad actual de la Tierra es el fruto de una larga y agitada historia.

Nuestro planeta nació hace alrededor de 4,6 mil millones de años en el disco de materia que entonces rodeaba al Sol en formación, disco en el cual gas y polvos se aglomeraron en pequeños cuerpos rocosos. Estos planetoides, chocando entre sí, se agregaron para formar finalmente un cuerpo más y más grande, la Tierra.

Sometido a un intenso bombardeo de meteoritos durante decenas de millones de años, el planeta se calentó a más de 4.000°C, y pasó entonces enteramente al estado líquido (una *bola de magma*). Los elementos más pesados cayeron al centro para formar el núcleo, mientras que los más livianos subieron a la superficie.

La Tierra se enfrió poco a poco, y una corteza se formó en la superficie, bloqueando los intercambios de calor con el exterior. En consecuencia, el vapor de agua contenido en la atmósfera se condensó brutalmente, dando origen a los océanos. Los impactos de meteoritos fueron cada vez más raros, pero de una violencia suficiente para evaporar al conjunto de los océanos y licuar una parte de la corteza, la que se volvió a formar hasta el impacto siguiente. Este proceso duró varios cientos de millones de años.

Un desequilibrio energético

La Tierra actual está, ciertamente, más en calma, pero todavía muy activa. Bajo su superficie, desde entonces enfriada, permanece muy caliente, con un centro a más de 6.000°C. Este calor se ha producido por la radioactividad natural: elementos pesados, tales como el uranio y el torio, se desintegran con el tiempo y liberan grandes cantidades de energía: alrededor de 20.000 mil millones de watts por año (20×10^{12} W/año). Entre todos los modos de transferencias de calor (conducción, convección, radiación), sólo la convección es lo suficientemente eficaz como para permitir la circulación de tal cantidad de energía. La materia se pone en movimiento de la misma manera que, en una olla, el agua calentada desde abajo sube a la superficie, donde se enfría antes de volver a bajar. En el manto terrestre la materia es sólida: los movimientos de convección son, pues, muy lentos, del orden de algunos milímetros por año (cf. cuadro adjunto). Así, este desequilibrio energético entre un centro caliente y una superficie fría, hace de la Tierra un planeta activo, con tectónica, volcanes... ¡e incluso atmósfera y océanos!

En efecto, la atmósfera primaria de la Tierra se escapó rápidamente hacia el espacio, como producto de la débil gravedad de nuestro planeta. Si la Tierra es habitable, es porque la actividad volcánica, al liberar grandes cantidades de gas, ha recreado una atmósfera, llamada *secundaria*, y la alimenta todavía hoy.

En Marte, donde la gravedad es aún más débil y donde la actividad volcánica ha desaparecido progresivamente (el planeta es más pequeño y menos masivo que la Tierra y, por tanto, contiene menos elementos radioactivos), esto ha provocado la rarificación de su atmósfera secundaria. En la actualidad, la presión atmosférica marciana es tan débil que no permite siquiera que el agua esté líquida. Radioactividad, volcanismo, atmósfera, agua líquida, vida... ¡todo está relacionado!

Una estructura en forma de *muñeca rusa*

Como hemos visto más arriba, la Tierra ha conocido un episodio de *diferenciación*, durante el cual los elementos más pesados han caído al centro y los más ligeros han subido a la superficie. Esto es lo que explica su estructura actual, en forma de *muñeca rusa* (Matrioska).

- El núcleo (15% del volumen del planeta)

Esencialmente compuesto de hierro y níquel, el núcleo es líquido en su periferia, pero es sólido en el centro, a causa de la fuerte presión. Se habla, por ello, de núcleo interno y núcleo externo. El núcleo externo es muy fluido; es fuente de los flujos de hierro líquido que originan el campo magnético terrestre, el cual, además de orientar nuestras brújulas, nos protege de las partículas de alta energía del viento solar. Cuando la Tierra se enfríe lo suficiente para que su núcleo sea intensamente sólido, perderá su campo magnético y la vida tal como la conocemos no será posible.

- El manto (84% del volumen del planeta)

El manto está constituido por rocas enriquecidas en hierro y magnesio. Si bien es sólido, se comporta como un líquido viscoso si se le observa en largos períodos de tiempo (ver recuadro). Es la fuente de importantes movimientos de convección que causan la tectónica de placas y además, es fuente de los puntos calientes (*hot spots*).

- **La corteza (1% del volumen del planeta)**

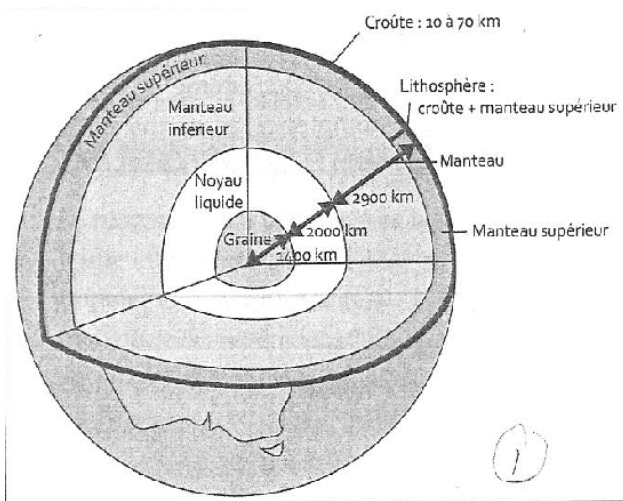
Principalmente constituida por rocas graníticas en los continentes y basálticas bajo los océanos, la corteza terrestre es poco espesa (30 a 70 km bajo los continentes, 5 a 10 km bajo los océanos) y más rígida que el manto, porque es más fría.

¿Cómo una materia sólida puede fluir?

Sólido, líquido... estas nociones son bastante relativas, dependiendo de las escalas de tiempos que nos interesan. A escala de vida humana, el manto terrestre es sólido (¡es roca!). Observado a escala de millones de años, puede fluir como un líquido muy viscoso (100 millones de veces más viscoso que el agua). Se necesitan alrededor de 200 millones de años para que una porción de manto terrestre pueda efectuar el ciclo de una célula de convección.

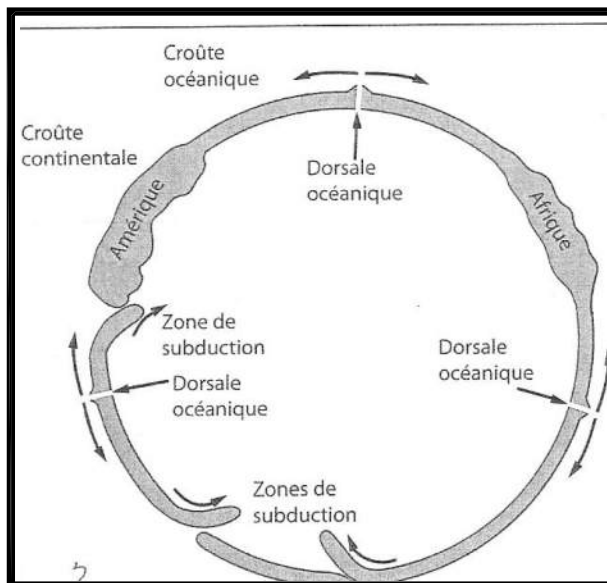
Se utilizará entonces, en esta obra y en clases, las palabras *sólido* y *líquido* en referencia a las escalas de tiempos humanos. Así, el manto es sólido, pero algunas veces, localmente, puede fundirse y volverse líquido (el magma: ver, más adelante, capítulo sobre los volcanes).

Los científicos hablan de manto *plástico* para referirse al manto superior, mientras que el manto inferior es calificado de *viscoso*. Este cambio de comportamiento (sólido, luego plástico, luego viscoso), se explica por el aumento de la temperatura y de la presión hacia el centro de la Tierra, así como por los cambios en la composición química de las rocas.



Las placas en movimiento

Las movimientos de convección que ocurren en el manto tienen por efecto el quiebre



de la litósfera (parte superior del manto superior y la corteza) en placas llamadas *tectónicas* o *litosféricas*, y que están en movimiento permanente unas contra otras, con velocidades que van de 1 a 20 cm por año. Esta actividad produce la corteza oceánica, las cadenas de montañas, las erupciones volcánicas y los sismos.

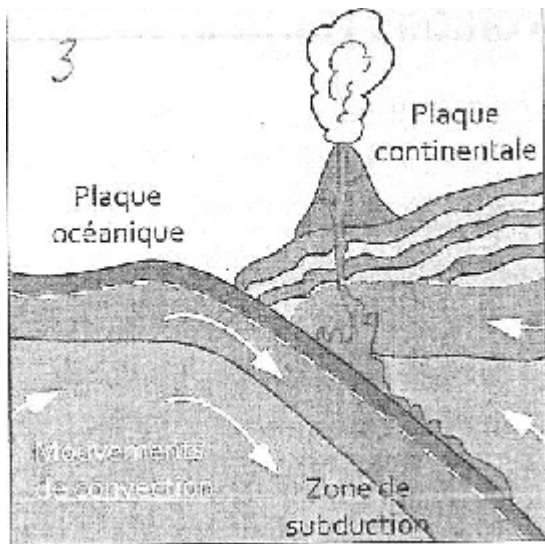
- Cuando dos placas se alejan, la una de la otra, el espacio dejado entre ellas es llenado por el magma, líquido y caliente, que sube a la superficie. Este volcanismo efusivo (ver más adelante), muy activo, forma lo que se llama las dorsales oceánicas, y es el origen de la renovación de los fondos marinos. Islandia es uno de los pocos lugares en que este volcanismo emerge, lo que

permite observarlo fácilmente.

- Cuando dos placas se acercan, una a otra, dos casos son posibles:
 - Si una de las dos placas es más densa que la otra, se sumerge por debajo y se hunde profundamente en el manto. Este fenómeno, llamado de subducción, es el origen de fuertes terremotos de tierra y de un volcanismo explosivo (ver más adelante), por ejemplo, en el cinturón de fuego del Pacífico.
 - Si las dos placas tienen la misma densidad, entran en colisión, una pasando debajo de la otra, pero permaneciendo apoyadas desde abajo. Las rocas y sedimentos se pliegan y se levantan, formando las cadenas de montañas, como el Himalaya (en la frontera de las placas eurásianas e india) o los Alpes (placas eurásiana y africana).
- Por último, algunas placas pueden deslizarse lateralmente, una en relación con la otra, a lo largo de fallas. Estos desplazamientos producen sismos muy violentos, como en California (falla de San Andrés), entre las placas del Pacífico y Norteamericana).

Volcanes

El volcanismo es, sin duda, la manifestación más evidente de la actividad interna del planeta. Cada año se observan más de 50 erupciones (aéreas), sin contar las permanentes que se desarrollan a lo largo de las dorsales oceánicas (erupciones submarinas).



Volcanes de subducción

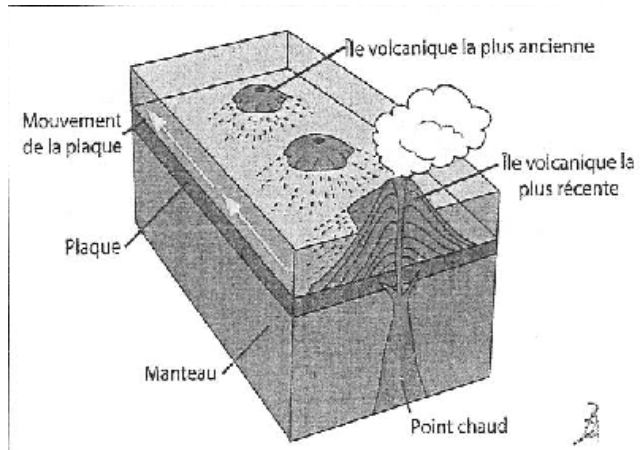
¿Cómo la tectónica puede engendrar las erupciones volcánicas?

Cuando una placa oceánica (hecha de materiales basálticos densos) se sumerge debajo de una placa continental (hecha de materiales graníticos, un poco menos densos), arrastra con ella sedimentos ricos en agua. A medida que la placa se hunde, es sometida a temperaturas y presiones más y más importantes, de manera que los sedimentos que contiene pierden su agua, que se infiltra en el manto y provoca localmente la fusión (la temperatura de fusión del manto baja muy rápidamente cuando su concentración en agua aumenta). El magma formado de este modo es menos denso que el resto del manto, y sube luego a la superficie gracias a la flotabilidad. En el camino, se enriquece con otros minerales (particularmente silicatos) presentes en la corteza y termina acumulándose a unos kilómetros de la superficie, en un reservorio llamado *cámara magmática*.

Volcanes de punto caliente

Algunos volcanes, bastante raros (5% del grupo), no se ubican en los límites, sino en el interior de las placas. Se les llama volcanes de punto caliente (*hot spot*), o volcanes intraplacas. El mecanismo de formación del magma, en ellos, es muy diferente del caso precedente.

Al principio, un punto de calor en el manto calienta la base de una placa tectónica, y la *horada* como un soplete, abriéndose camino hacia la superficie, y emerge formando un volcán. El punto caliente es fijo, pero las placas, en superficie, se desplazan. El volcán formado al nivel del punto caliente se aleja por tanto poco a poco y termina siendo separado por la cámara magmática. Se apaga, mientras que un nuevo volcán



se forma encima del punto caliente.

De una erupción a la otra se forma, así, no un solo volcán; se forman varios a lo largo de una cadena. El ejemplo más conocido es el archipiélago de Hawai, constituido por una quincena de islas volcánicas que se extienden sobre más de 2.500 km. Es la cadena que tiene todos los récords, puesto que el Kilauea es, actualmente, el volcán más activo del mundo (se encuentra en erupción permanente desde hace cerca de 30 años), mientras que el Mona Loa es el más grande: culmina a 4.206 m y descansa en el fondo marino a -5.500 m. ¡Su altura total sobrepasa los 9.700 metros!

El Pitón de la Fournaise, en la isla de la Reunión, es igualmente un volcán de punto caliente, y actualmente es uno de los más activos del mundo. Está a punto de extinguirse, puesto que se ha alejado ya bastante del punto caliente. Pero las reservas actuales de su cámara magmática deberían alimentarlo durante todavía algunos miles de años.

Activación de una erupción

El magma, como lo hemos visto, se acumula poco a poco debajo de la superficie, en una cámara magmática sometida a una intensa presión. Llegada la saturación, las paredes se derrumban y la presión baja brutalmente, lo que hace que el agua, el dióxido de carbono y el dióxido de azufre que están disueltos en el magma, vuelvan al estado gaseoso bajo la forma de burbujas. Estas burbujas suben a la superficie y acarrear el magma con ellas: es la erupción.

Volcanes rojos, volcanes grises

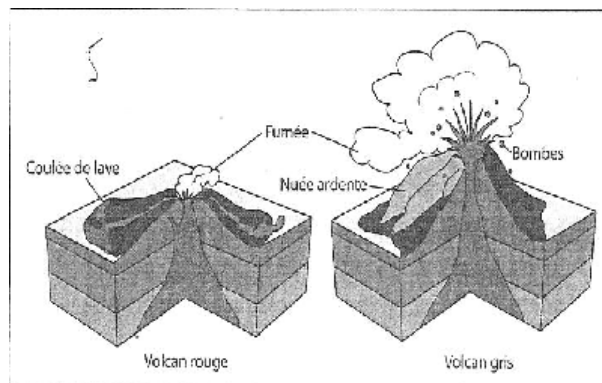
En un magma muy fluido las burbujas de gas circulan fácilmente, y suben

rápidamente hacia la superficie. El magma, ampliamente liberado de su gas, sube tranquilamente y sale en forma de fuentes y ríos de lava que bajan por las pendientes del volcán, pero no representa un peligro real para la población, puesto que se ha tenido el tiempo necesario para evacuarla. Una erupción como ésta es calificada de efusiva, y un volcán semejante es llamado *volcán rojo*, en referencia al color de la lava. Los volcanes rojos tienen erupciones frecuentes, pero poco violentas. Estos son los volcanes de punto caliente o dorsales oceánicas. La lava, siendo muy fluida, recorre grandes distancias, lo que da a estos volcanes formas muy extendidas, de pendientes suaves (se habla de volcanes escudos). Por el contrario, en un magma muy viscoso, las burbujas de gas no pueden subir a la superficie: permanecen *atrapadas* en ese magma, hasta que la presión se hace demasiado fuerte y expulsa brutalmente la mezcla magma + gas.

Se asiste en este caso a una explosión espectacular (puede a veces *decapitar* al volcán, como ocurrió durante la erupción del monte Santa Helena, en 1980) y extremadamente peligrosa. Bombas volcánicas (fragmentos de roca más o menos solidificadas) salen con fuerza, así como también nubes de *cenizas* incandescentes, cubriendo centenas de kilómetros cuadrados. Estas cenizas son, en realidad, esquirlas microscópicas de rocas fragmentadas por la explosión de las burbujas de gas que contienen; no tienen nada que ver con la ceniza.

A veces la mezcla de gas ardiente, de cenizas y de rocas, llamada *nube ardiente*, baja las pendientes del volcán a velocidades que pueden alcanzar 500 km/h y carboniza todo en su camino. Se recordará cómo el Monte Pelée arrasó la villa de San Pedro, en Martinica, en 1902, dejando 28.000 muertos y sólo dos sobrevivientes.

Otros factores pueden agravar aún más las consecuencias de tales erupciones;



particularmente la presencia de agua, ya se trate de fuertes lluvias (durante o después de la erupción), o de nieve fundida bajo los efectos del calor (buen número de volcanes están cubiertos de nieve o de glaciares en sus cimas). Esta agua se mezcla con la gran cantidad de cenizas eyectadas y provoca entonces grandes ríos de barro (llamados *lahares*) que pueden ser devastadores. Esto es lo que pasó en 1985 en Colombia, durante la erupción del Nevado del Ruiz: varias ciudades, aun estando alejadas a veces por 80 km, fueron sepultadas bajo el lodo, causando más de 25.000 muertes.

Tales erupciones son calificadas de explosivas, y esos volcanes son llamados *volcanes grises*, en referencia a las cenizas eyectadas. Los volcanes grises, a diferencia de los rojos, tienen erupciones poco frecuentes, pero muy violentas. Son los volcanes que se encuentran en las zonas de subducción. La lava, si es muy viscosa, corre por cortas distancias, lo que da a estos volcanes formas poco extendidas, y pendientes empinadas. Por otra parte, los conos volcánicos presentan a menudo cicatrices de antiguas explosiones. Por esto, es un tipo de volcán perfectamente reconocible.

Señalamos antes, que la clasificación de los volcanes en dos categorías (rojo/gris), es un tanto simplista. Sin embargo, es ampliamente suficiente para la escuela primaria.

Algunos volcanes *rojos* pueden, a veces, tener erupciones explosivas: por ejemplo, cuando una columna de lava encuentra una napa freática. El vapor de agua así producido aumenta fuertemente, aumentando también de manera súbita la presión de los gases disueltos en el magma, lo que confiere un carácter explosivo a la erupción, aun con una lava poco viscosa (caso frecuente en el Macizo Central).

Los vulcanólogos distinguen comúnmente cinco tipos de volcanes, en función de la viscosidad de su magma y de la cantidad de gas disuelto. Del más rojo al más gris, se encuentran los siguientes tipos: hawaiano, estromboliano, vulcaniano, peleano y pliniano.

El riesgo volcánico en Francia

Una centena de volcanes en el mundo son considerados como muy peligrosos, y más de 500 millones de personas están afectadas por este riesgo. En Francia, el riesgo volcánico concierne esencialmente a los departamentos de ultramar (Guadalupe, Martinica y Reunión) y, en un menor grado, a la Polinesia francesa y el Macizo Central.

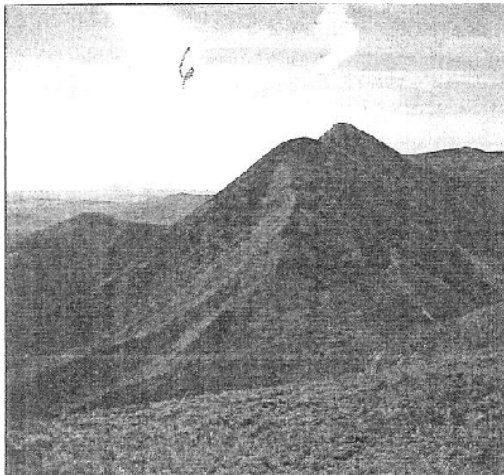
La única erupción catastrófica sobrevenida en Francia es la del Monte Pelée (Martinica) en 1902. Es una de las más grandes catástrofes naturales de la historia y, seguramente, la peor ocurrida en Francia desde el comienzo del siglo XX. Por esta razón, el Monte Pelée es uno de los volcanes más vigilados del planeta.

Otro volcán potencialmente peligroso es el de la Soufrière (Guadalupe). La última erupción se remonta a 1976, pero no hubo ninguna víctima.

El Pitón de la Fournaise, en Isla Reunión, entra en erupción casi una vez al año, pero su carácter efusivo no causa grandes daños materiales o humanos.

La Polinesia francesa –como la Reunión– es el foco de un volcanismo de punto caliente (entonces, efusivo y poco peligroso). Además de islas volcánicas, se encuentran allí numerosos volcanes submarinos, entre ellos el volcán MacDonald, que se sitúa a sólo 27 m bajo la superficie y formará pronto una nueva isla.

En las ciudades, el Macizo Central ofrece oportunidades de bellas vistas de volcanes. Las cadenas de Cantal y del Monte Dore están apagadas desde hace mucho tiempo, pero no pasa lo mismo con la cadena de los Puys, compuesta de una centena de volcanes más recientes. La última erupción data de menos de 7.000 años (erupción



en el lago Pavin en -4.700), mientras que se requieren 10.000 años de inactividad para que un volcán sea considerado extinto. Esto hace decir a los vulcanólogos que los volcanes de Auvernia están adormecidos y que se podría asistir un día a su despertar. Pero las estaciones de vigilancia permitirán predecir este evento con varios meses de anticipación.

Los volcanes bajo vigilancia

La mayor parte de los volcanes considerados peligrosos son vigilados gracias al despliegue de numerosos observatorios vulcanológicos. Los científicos buscan detectar los signos precursores de las erupciones, como pequeños temblores (que revelen las subidas del magma), variaciones mínimas (algunos milímetros o centímetros) en la geometría de las pendientes del volcán, variaciones de la temperatura de los cursos de agua, fumarolas, etc.

De este modo, se espera prever la llegada de las erupciones con cada vez más precisión. Esta vigilancia no es suficiente; es necesario tener la capacidad de alertar a la población rápidamente, y evacuarla (para esto, se requiere haber identificado las zonas seguras, gracias a estudios precedentes de los flujos de lava). En el año 2000, la Agencia Espacial Europea (ESA) y el Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES) crearon un Acuerdo internacional sobre *Espacio y Catástrofes Mayores*. Estos miembros fundadores, junto a otros organismos del mundo entero que se han unido, están comprometidos a librar datos satelitales en los países afectados por catástrofes de origen natural o tecnológico. Tales datos, valiosos, librados casi en tiempo real, permiten conocer rápidamente la naturaleza de la catástrofe, su

amplitud, las regiones afectadas, y con esto mejorar la coordinación de las ayudas. La Carta fue activada más de 50 veces en 2010.

El riesgo volcánico en Chile y su vigilancia

En Chile, existen alrededor de 200 volcanes activos, de los cuales están monitoreados los más peligrosos por el OVDAS (Observatorio Volcanológico de Los Andes del Sur). El OVDAS es una unidad científico-técnica, cuyo principal objetivo es establecer sistemas para la vigilancia y monitoreo permanentes de los volcanes más peligrosos del país. Lo anterior, con el fin de entregar información oportuna a distintas autoridades, instituciones y otros usuarios.

El OVDAS proporciona las herramientas para el monitoreo instrumental y mapas de peligro de 43 volcanes. En la zona norte de Chile, entre otros, se monitorean el Guallatiri, Iruputuncu, Láscar, Olca, Parinacota y San Pedro-San Pablo; en la zona centro, el Descabezado Grande-Cerro Azul-Quizapu, Planchón Peteroa, Tinguiririca, San José, San Pedro de Tatara y Nevado de Longaví; y en la zona sur, el Calbuco, Chaitén, Villarrica, Copahue, Antuco y Callaqui, entre otros. Éstos tienen la categoría de peligrosos a causa de tres razones: cantidad de erupciones en los recientes 10 mil años; cercanía de centros poblados; y vulnerabilidad de infraestructura pública y privada (Fuente: <http://www.sernageomin.cl/volcan-observatorio.php>).

¿Por qué vivir cerca de los volcanes?

El riesgo volcánico es algo que se conoce desde hace mucho tiempo, pero esto no impidió que las poblaciones se instalaran cerca de los volcanes (la explosión demográfica producida durante el siglo XX ha aumentado, por cierto, considerablemente la exposición de esas poblaciones a las erupciones). Es preciso decir que, si bien estas últimas tienen una fuerza destructora considerable, algunas consecuencias de las erupciones pueden también revelarse muy útiles.

Las rocas y depósitos volcánicos constituyen muy buenos materiales de construcción, ya se trate de piedra pómez (aislante, sólida, fácil de trabajar) utilizada en Auvernia para habitaciones o para lugares de culto), o se trate de las cenizas que, depositadas a veces en decenas de metros de espesor, endurecidas y luego erosionadas a lo largo de los años, ofrecen refugios naturales para la edificación, verdaderas ciudades troglodíticas, como se encuentran en Turquía (Capadocia).

Los volcanes suministran gran cantidad de metales preciosos (oro, cobre, plata, estaño, azufre). Evidentemente, estos metales son explotados. Igualmente, los volcanes proporcionan minerales como el calcio, el fósforo o el manganeso, que siembran la tierra y hacen a estas regiones particularmente fértiles. En Indonesia, se pueden obtener hasta tres cosechas de arroz por año en las laderas de los volcanes, contra una sola que se logra obtener en otras partes. Estas mismas sales minerales permiten que las aguas islandesas sean muy abundantes en peces.

Además de suministrar estos recursos, los volcanes constituyen importantes surtidores de energía gratuita, limpia y renovable: fuentes termales e incluso

centrales geotérmicas, pues las grandes diferencias de temperatura entre el subsuelo y la superficie pueden ser explotadas para producir electricidad (como en el sitio de Bouillante, cerca de la Soufrière, en Guadalupe).

Por último, no olvidemos los ingresos procedentes del turismo desarrollado en estas regiones, muy populares por la posibilidad de realizar actividades al aire libre (excursiones, alpinismo, andinismo, esquí, parapente).

Por todas estas razones, las zonas volcánicas siguen siendo, a pesar del riesgo, muy atractivas para las poblaciones locales y el turismo.

Sismos

La Tierra está permanentemente agitada por temblores. Varios millones se registran cada año. La mayor parte de ellos no se perciben, porque son muy débiles o se producen en regiones deshabitadas.

Placa contra placa

El movimiento de las placas –de una en relación con la otra– no se produce sin daños: genera intensas fricciones e impone fuertes tensiones por ambos lados de las fronteras entre dichas placas. Por lo tanto, las rocas en profundidad se deforman progresivamente y las tensiones se acumulan así durante años, incluso siglos, hasta que se supera el umbral de elasticidad de la roca. Esto conduce, pues, a una ruptura brutal durante la cual la energía acumulada se libera súbitamente y se propaga en forma de ondas, llamadas ondas sísmicas.

Todo pasa exactamente como cuando se estira un elástico: muy suavemente, hasta la ruptura. Un sismo o terremoto se debe entonces al relajamiento brutal de una tensión acumulada. Entre más prolongada es la acumulación, mayor será la energía liberada.

Los sismos son frecuentes a lo largo de las fallas, pero bastante raros al interior de las placas mismas. Cuando estos ocurren, son menos violentos y resultan del juego que se produce en ciertas fallas, correspondiente a un reajuste de presión al nivel de la corteza terrestre.

Los volcanes mismos pueden ser también el origen de algunos sismos o microsismos, provocados por ejemplo por el movimiento de la lava hacia la cámara magmática y hacia la superficie. Tales eventos anuncian una inminente erupción.

Por último, algunas actividades humanas, como la explotación de yacimientos subterráneos o los ensayos nucleares, pueden generar temblores moderados.

Ondas sísmicas

Las ondas sísmicas son un medio por el cual la roca evacua lentamente la energía

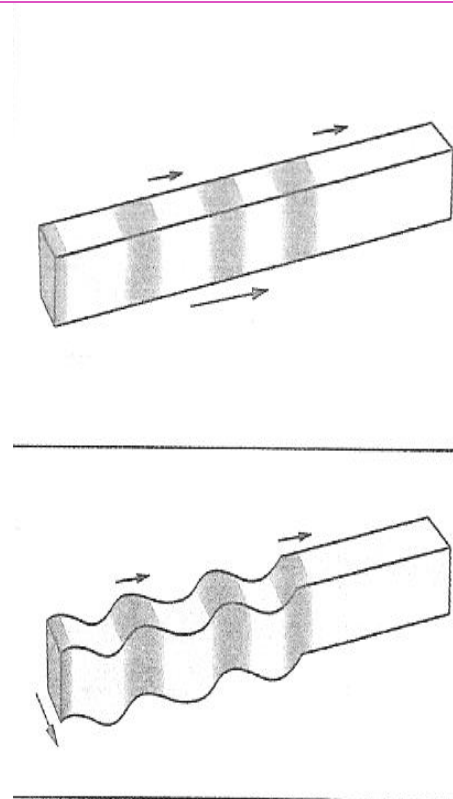
acumulada. Las ondas se propagan en todas las direcciones, tanto hacia la superficie como hacia adentro de la Tierra, formando esferas concéntricas. Cuando se aleja del centro, la superficie de una esfera crece muy rápidamente (es proporcional al cuadrado del radio): la energía evacuada se *diluye* entonces más y más. Es por esto que los daños causados por un sismo decrecen muy rápido a medida que se alejan del foco (el sitio, en la falla, desde dónde parten las ondas) o del epicentro, si lo que interesa es lo que pasa en superficie. El epicentro está situado en la proyección vertical del foco (al foco se le llama, en términos científicos, *hipocentro*).

En la superficie, las ondas sísmicas forman círculos concéntricos alrededor del epicentro. En realidad, estos círculos y las esferas no son perfectos, pues la velocidad de propagación de las ondas sísmicas depende de la naturaleza del suelo y de su topografía. Estas variaciones de velocidad engendran variaciones de amplitud, con efectos que pueden ser localmente amplificados, como muestra la figura de arriba.

Detrás del vocablo *onda sísmica* se ocultan diferentes tipos de ondas: las llamadas de volumen (o de fondo), que se propagan al interior de la Tierra, y las ondas de superficie.

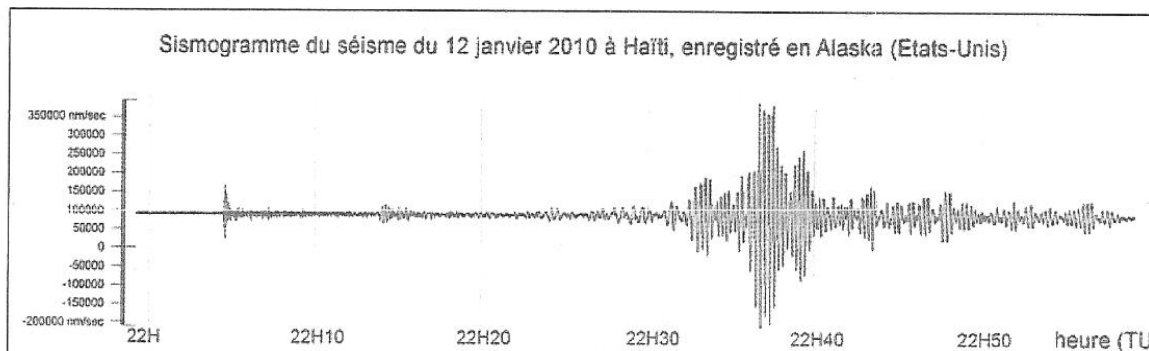
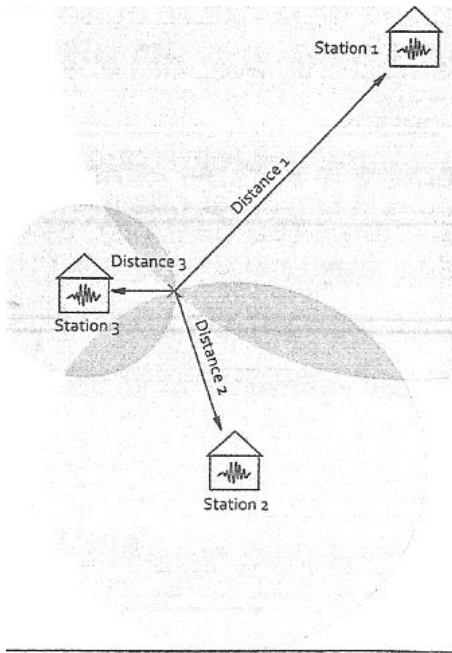
Las primeras, llamadas ondas P (de *primarias*), son ondas de compresión. Se propagan paralelamente al movimiento del suelo, que resulta entonces comprimido y luego dilatado. Estas ondas (son las más rápidas y de aquí su nombre: *primarias*) tienen la capacidad de propagarse en cualquier tipo de material, líquido o sólido (o aun gaseoso: el sonido es una onda de compresión que se propaga en el aire). Las ondas P son ondas de volumen

Las ondas S (de *secundarias*) son igualmente ondas de volumen, pero se desplazan más lentamente que las ondas P y se propagan solamente en los materiales sólidos. Las vibraciones son perpendiculares al sentido de propagación de las ondas; el suelo es cizallado *lateralmente*, lo que en particular es dañino para los edificios.



La última familia agrupa las ondas L (de Love) y las ondas R (de Rayleigh). Estas ondas –más lentas que las precedentes– se propagan hacia la superficie.

Hace ya cerca de 2.000 años, los chinos encontraron la forma de detectar los temblores. Desde Zhang Heng, que construyó el primer sismógrafo –solamente



mecánico debido a la época– como se puede ver en la ficha 24 (Sesión 2-6 en Anexo), estos instrumentos han sido perfeccionados e informatizados. El principio es simple: una bobina se fija a un brazo suspendido, aislado de toda vibración y metido en un imán, que está fijado en el suelo. Cuando el suelo tiembla, el imán se mueve alrededor de la bobina que percibe una variación del campo magnético. Estas variaciones crean en la bobina una corriente eléctrica (proporcional a la velocidad del suelo) que se transmite a un centro de vigilancia. El gráfico obtenido se llama sismograma.

Como las ondas P y S no viajan a la misma velocidad, no son registradas al mismo tiempo. Estos tiempos de retardo permiten calcular la distancia del foco con respecto a la estación de medida (es exactamente lo que se hace para conocer la distancia que nos separa de una tempestad, midiendo el desajuste temporal entre el

Utilizar los sismos para conocer la estructura interna de la Tierra

Cuando se moja una paja en un vaso de agua, se tiene la impresión de que la paja esta plegada en dos. Esta ilusión procede del hecho de que la luz no se propaga a la misma velocidad en el agua y en el aire y, por lo tanto, se desvía al pasar de un medio a otro.

De la misma manera, las ondas sísmicas se desvían cuando atraviesan medios rocosos diferentes. El análisis de la propagación de estas ondas permite entonces localizar las discontinuidades en la naturaleza del subsuelo, y determinar algunas características físico-químicas de estos medios.

Así es como se ha podido deducir la estructura interna de la Tierra (cuyo centro se sitúa a más de 6.000 km de la superficie), aunque incluso la más profunda excavación realizada haya permitido explorar tan solo los primeros 12 kilómetros bajo nuestros pies.

relámpago, que viaja a la velocidad de la luz, y el trueno, que viaja a la velocidad del sonido). Al utilizar los tiempos de retardo medidos en diferentes lugares, se localiza el foco en la intersección de las esferas (el radio de cada esfera es la distancia entre el foco y la estación). Desde que las estaciones han sido informatizadas, estos datos son calculados en tiempo real con una gran precisión, dado el gran número de estaciones abiertas.

Magnitud, intensidad

Las oscilaciones que se pueden leer en los sismogramas permiten calcular la amplitud de los movimientos del suelo y, de ahí, la energía liberada por el sismo.

Esta dimensión se llama magnitud y se mide por la escala Richter, que lleva el nombre de su inventor. La escala de Richter es una escala *logarítmica*: aumentar la magnitud en un grado corresponde a multiplicar la energía liberada por 32. Un sismo de magnitud 8 libera entonces 32 veces más energía que un sismo de magnitud 7, y alrededor de 1.000 veces más que un sismo de magnitud 6. Contrariamente a una idea preconcebida, esta escala no tiene límite superior. En la práctica, un sismo de magnitud 9 es excepcional. El sismo más importante detectado es el que afectó a Chile el 22 de mayo de 1960, con una magnitud de 9.5. Este sismo correspondió a la ruptura de una falla de 1.000 km de largo. La escala de Richter se presenta con más detalles en la ficha 25.

La magnitud es única para un sismo, e independiente del lugar donde se ha sentido.

Por supuesto, hay mayores posibilidades que cause daños un sismo de gran magnitud, pero esto no es sistemático, pues otros parámetros se deben tener en cuenta: la profundidad del foco (a más profundidad los efectos son menos importantes) y el poblamiento de la zona (los daños no son los mismos en zonas urbanas densas o en pleno desierto).

Por esta razón, se usa otra cantidad a fin de estimar los daños ocasionados por un temblor: la intensidad. La intensidad se mide de acuerdo a la escala EMS-98 (Escala Macrosísmica Europea 1998), que es una revisión de la antigua escala MSK (escala que sigue siendo utilizada y a la que se hace referencia en el módulo pedagógico de este libro). En Chile, la escala de intensidad utilizada es la Escala de Mercalli, diferente a la escala MSK.

La escala MSK tiene doce niveles (numerados de I a XII, en cifras romanas para no confundirlas con las que expresan la magnitud). Para una intensidad igual a I, el sismo sólo es detectado por los sismógrafos y no puede ser percibido por las personas. Las chimeneas de casas caen a una intensidad de V. A partir de IX, los daños son muy importantes. A intensidad XI la ruina es casi total (como lo ha mostrado el sismo de Haití); a intensidad XII, los paisajes se modifican. En la práctica actual no se distinguen las intensidades que superen la intensidad X.

Cuando un sismo tiene una sola magnitud, posee varias intensidades, puesto que la intensidad mide los daños en un lugar dado. En un mapa, se pueden unir los lugares de igual intensidad por una curva llamada isosista. Como hemos visto más arriba, estas curvas son aproximadamente circulares. La intensidad va decreciendo cuando uno se aleja del epicentro.

El riesgo sísmico en Francia

Cuando se pronuncia la palabra *sismo* en nuestro entorno, todos recuerdan la catástrofe de Haití en 2010, la de Chile en 2010 o la de Japón en 2011. ¡Tanto nos han impactado las imágenes y los testimonios de esos eventos recientes! Sin embargo, las ciudades en Francia también han conocido temblores nada despreciables, aunque de magnitudes considerablemente más bajas comparadas con los sismos citados precedentemente. El sismo más intenso de la historia francesa reciente es el del 11 de junio de 1909 en Provenza. De una magnitud estimada en 6,2 y una intensidad de IX cerca del epicentro, produjo muchos daños, y una cincuentena de víctimas, sin contar los heridos. Dada la densificación de las viviendas y de los equipamientos, el mismo sismo cobraría hoy en día miles de muertos y causaría daños equivalentes a más de 2 millones de euros.

Con todo, la metrópolis, con aproximadamente veinte sismos percibidos cada año, se considera de una sismicidad mediana en comparación con otros países del perímetro mediterráneo. Los riesgos se concentran en los Pirineos, los Alpes, la Provenza y la Alsacia. La zonificación sísmica del territorio es visible en la Ficha 26. Las Antillas, en cambio, están fuertemente expuestas al riesgo sísmico. En 2007, un sismo de magnitud 7,4 (contra 7,3 del sismo que sacudió Haití en 2010) hizo temblar la Martinica, afortunadamente sin provocar demasiados daños, ya que el

foco estaba a más de 150 km de profundidad. Desde entonces, los habitantes esperan su *big one*, que ocurrirá un día u otro, y producirá daños mucho más considerables. Se estima que un sismo de magnitud 8 provocaría 30.000 muertos, o sea, 7% de la población de la isla, en razón no solamente de la vulnerabilidad de las construcciones (el 80% de las escuelas, por ejemplo, no están dentro de la normativa), sino también de la mala preparación de la población. A pesar de las campañas de prevención, solamente el 30% de la población ha adoptado un comportamiento adecuado durante el sismo de 2007.

Proteger a la población

Cada año se registran varios millones de sismos en el mundo, de los cuales aproximadamente 150 son de magnitud superior a 6, y susceptibles de provocar daños importantes.

El peligro durante un sismo no es el temblor mismo, sino el derrumbe de los edificios. Si bien es posible predecir, estadísticamente, la llegada de un sismo mayor en una región del mundo, es aún imposible hacer previsiones a corto plazo, que permitieran evacuar a las poblaciones. Por lo tanto, las únicas soluciones que quedan son, por una parte, construir edificios resistentes y, por otra, sensibilizar a los habitantes respecto a las conductas que son adecuadas en caso de temblores.

Existen numerosos reglamentos que fijan las normas de construcción según la zona geográfica y el tipo de construcción. Se distinguen:

- Las construcciones de riesgo normal: son los edificios para los cuales las consecuencias de un sismo están limitadas a su estructura y sus ocupantes. Se clasifican en varias categorías según su importancia (de menor a mayor importancia):
 - Categoría I: las obras cuya falla constituye solamente un riesgo mínimo para las personas o la actividad socio-económica (ejemplo: cobertizos agrícolas);
 - Categoría II: riesgo mediano (ejemplo: casas individuales);
 - Categoría III: riesgo elevado en razón del número de personas que pueden ser afectadas (ejemplo: escuelas, edificios, centros comerciales);
 - Categoría IV: edificios cuya resistencia es primordial para la seguridad civil (el cuartel de bomberos, hospitales, etc.).
- Las obras de riesgo especial: son las instalaciones para las cuales los daños resultantes de un sismo pueden tener consecuencias graves en una parte importante del territorio: represas, centrales nucleares, etc.
- Las reglas básicas de la construcción para-sísmica son: A nivel de la implantación:
 - Proteger de los riesgos de desprendimiento y de deslizamiento de tierras (alejarse de las laderas de los acantilados);
 - Tener en cuenta la naturaleza del suelo: en un suelo rígido, preferir construcciones flexibles y esbeltas; en suelo blando, preferir construcciones rígidas y macizas.

- A nivel de la concepción:
 - Preferir formas simples y compactas;
 - Colocar refuerzos horizontales y verticales (encadenamientos) (Ficha 29, Sesión 2-11, en Anexo).
- A nivel de la realización:
 - Utilizar materiales de calidad (hormigón armado, acero, madera).
 - Fijar los elementos no estructurales para prevenir las caídas (alumbrados, techos suspendidos).

La preparación de las poblaciones es un aspecto esencial, que necesita, por una parte, un esfuerzo de educación (de los niños, en las escuelas; pero también del público en general), con el fin de que cada uno tome conciencia del riesgo, y, por otra parte, ejercicios de simulación y de evacuación.

Tsunamis

¿Todas las grandes olas son *tsunamis*?

El uso del término *tsunami* se ha generalizado desde el evento dramático de diciembre de 2004 que causó más de 280.000 muertos en Asia del Sur. Pero ¿sabemos realmente de qué se trata? ¿Cuál es la diferencia entre un *tsunami* y una marejada o una serie de grandes olas, como se ve, por ejemplo, durante las fuertes tempestades?

La expresión *marejada* se refiere a una inundación marina cuyo origen es un fenómeno meteorológico, como por ejemplo la concordancia desafortunada entre una fuerte marea y una tempestad, como en el caso de la tempestad Xynthia, que se abatió sobre la Vendée y la Charente-Maritime, en febrero de 2010.

Una tempestad o un fuerte oleaje pueden originar olas impresionantes de varios metros de altura. Pero la longitud de ondas de estas olas es siempre bastante corta. Se observan bien desde la playa. Aun cuando las olas son muy fuertes, no se distancian nunca las unas de las otras en más de decenas de metros (100 metros durante una tempestad). Dicho de otro modo, cuando una ola ha pasado, solo transcurren algunos segundos antes de que ocurra la siguiente (esta duración se llama *periodo* de la onda).

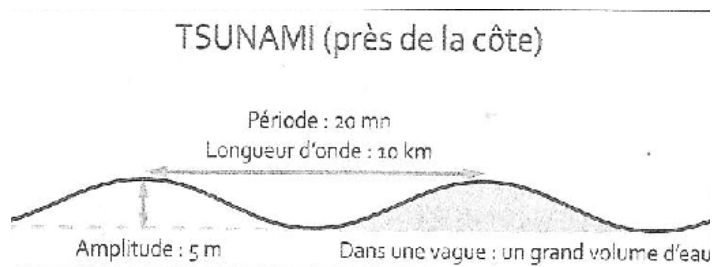
Un *tsunami*, por el contrario, designa una serie de olas muy particulares, cuya longitud de onda es muy grande, del orden de 100 km mar adentro, y 10 km cerca a la costa. Entre dos olas sucesivas transcurren fácilmente 20 minutos, o incluso más.

Esta diferencia es fundamental: un *tsunami* de 2 metros de alto hará más daño que un oleaje de 4 metros. Para comprenderlo es necesario interesarse en la masa de agua desplazada. Imaginemos un oleaje de 1 metro de altura y de 10 metros de longitud de onda, que rompe en una playa de 100 metros de ancho... y hagamos la

hipótesis, para simplificar, que esta onda tiene forma cuadrada (más fácil de calcular que la forma sinusoidal). El volumen de agua contenido en la ola que va a romper es de $1 \times 10 \times 100 = 1.000 \text{ m}^3$.

Reemplacemos este oleaje de un metro por un *tsunami* de un metro. Todo es idéntico, salvo la longitud de onda, que esta vez es de 10 km. El volumen de agua que rompe en la playa es entonces de $1 \times 10.000 \times 100 = 1.000.000 \text{ m}^3$. Esta masa de agua gigantesca posee una energía cinética 1.000 veces superior que en el caso del oleaje: nada le puede resistir.

El hecho de que un *tsunami* posea una gran longitud de onda tiene otra consecuencia importante: penetra lejos en la tierra. Si el terreno tiene una pendiente suave, una ola inunda una zona cuya dimensión es comparable a su longitud de onda. Así, una ola *normal* (oleaje o incluso una tempestad) va a inundar el litoral en algunos metros o



decenas de metros, mientras que un *tsunami* lo inunda en varios kilómetros, multiplicando así considerablemente los daños ocasionados.

Velocidad, altura, profundidad: ¡todo está relacionado!

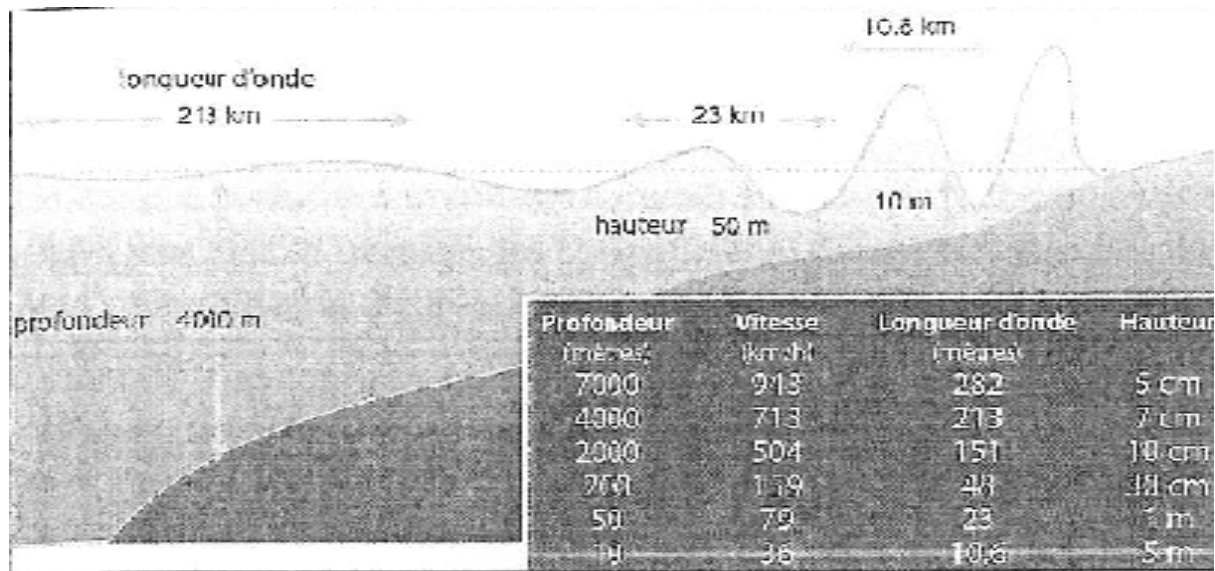
Lo que hace que la prevención sea tan difícil es la gran velocidad con la que se propaga un *tsunami*: hasta 900 km/h mar adentro (la velocidad de un avión): se dispone de muy poco tiempo. Sin embargo, en la costa ninguna persona ha visto nunca una ola, que sea de *tsunami*, acercarse con una velocidad supersónica. De hecho, los *tsunamis* rompen en las costas a una velocidad que va de los 30 km/h a los 40 km/h ¿Por qué esta disminución de velocidad?

Cuando una ola se propaga, puede ser frenada por las fricciones en el fondo, siempre que la profundidad sea baja comparada a la longitud de la onda. En un *tsunami*, es siempre ése el caso (longitud de onda: 100 km comparado con la profundidad media de los océanos: 4 km). Así, la velocidad de tal onda es directamente proporcional a la profundidad. Mar adentro, el *tsunami* se propaga muy rápidamente, y cerca de la orilla la velocidad es dividida por un factor 20. La parte delantera de la ola, ralentizando muy fuertemente, es alcanzada por la parte trasera de la ola: la onda se estrecha.

Así, un *tsunami* de 100 km de longitud de onda mar adentro tendrá sólo 10 km de longitud de onda en la orilla.

La consecuencia es espectacular. La ola se estrecha... ¡pero contiene siempre la misma cantidad inmensa de agua! Para conservar esta cantidad de agua, no hay otra posibilidad: la ola toma altura. Así, la consecuencia de la ralentización del *tsunami* es la disminución de su longitud de onda un factor de 10, lo que genera automáticamente el aumento de la altura de la ola. Es así, como una ola de algunos centímetros mar adentro puede alcanzar, en la costa, varios metros.

Este factor de amplificación depende de la geometría de los fondos marinos. Una pendiente abrupta va a *romper* la ola (amplificación de un factor 2 solamente), mientras que una pendiente suave va a amplificarla de un factor 10, o incluso más.



Ejemplo: el *tsunami* de Sumatra del 26 de septiembre de 2004, que rompió en algunos lugares con una altura de 35 metros (¡o sea el equivalente a un edificio de 10 pisos!). Es el *tsunami* más grave de la historia: 280.000 muertos.

Se encuentra esta propiedad sorprendente de los *tsunamis* en la etimología misma de la palabra, que significa *ola portuaria* en japonés. Es, en efecto, una ola que no se observa mar adentro, ¡pero que toma una gran amplitud al llegar al puerto!

En el origen: un sismo

Para producir un *tsunami*, es decir, un conjunto de olas de gran longitud de onda, una alteración también de gran amplitud es necesaria. Grande, en este caso, significa *grande* igualmente con relación a la profundidad. De este modo, lanzar una roca en un estanque es suficiente para producir un *tsunami* en este estanque, pero para producir un *tsunami* en el océano (profundidad de varios kilómetros), es necesaria una perturbación mucho mayor.

Lo más frecuente es que los *tsunamis* sean creados por un sismo submarino. Si el sismo tiene una magnitud suficiente (6,3 como mínimo) y si su epicentro no es

muy profundo (< 50 km), entonces puede deformar el fondo marino en una falla que puede tener varios kilómetros de longitud. En este caso, toda la columna de agua, encima de la falla, se pone en movimiento, lo que forma olas de gran longitud de onda: un *tsunami* se ha producido.

Importantes movimientos de tierra submarinos, creados por ejemplo a partir de una erupción volcánica (algunas veces toda una sección del volcán se derrumba en el mar), pueden tener el mismo efecto.

Por último, el impacto de un meteorito –aunque es poco probable– puede igualmente causar un gran *tsunami*.

Reconocer la llegada de un *tsunami*

La gran velocidad de un *tsunami* hace difícil la alerta a las poblaciones. Si bien desde 2004 se han hecho grandes esfuerzos en la detección de *tsunamis* y en la coordinación de los centros de alerta, la prevención pasa necesariamente por la educación de las poblaciones.

La llegada de un *tsunami* es muy a menudo precedida de señales precursoras que es necesario saber reconocer:

- Retirada del mar. Este retrocede a una distancia no habitual (centenas de metros, incluso kilómetros), en algunos minutos solamente. Es el hueco de la ola: ¡atención, la cresta llega pronto!
- Temblor o estruendo.
- Comportamiento anormal de los animales (huyen tierra adentro).

Si se observa uno de estos fenómenos, es necesario que la población abandone inmediatamente la costa y se refugie en las alturas. Algunos minutos después, la primera ola llegará..., seguida de una nueva retirada del mar y de otras olas que se van a suceder a veces durante varias horas.

El riesgo *tsunami* en Francia

Se enumera cada año una decena de *tsunamis* en el mundo, incluyendo uno importante. Todos los mares se pueden ver afectados.

Francia tiene la suerte de poseer el segundo más grande dominio marítimo del mundo, después de Estados Unidos. Esta ventaja económica y geoestratégica considerable está asociada, sin embargo, a un inconveniente, ya que hace de Francia un país particularmente afectado por el riesgo de subversión marina, ya se trate de *tsunamis* o de marejadas.

No es algo que pueda sorprender que, tanto por los volcanes como por los sismos, el riesgo concierne sobre todo a los DOM-TOM, por una parte en razón de su propia actividad sísmica o volcánica y, por otra parte, por su situación geográfica, que los hace vulnerables a los *tsunamis* generados en el océano Pacífico o en el océano Índico. Las Antillas están particularmente amenazadas.

El litoral poblado no está tampoco a salvo. Con un riesgo calificado de *moderado*, la región más sensible se ubica en el Mediterráneo, pues varias fallas submarinas corren entre Argelia y Córcega. La historia muestra además que este riesgo no debe ser olvidado, puesto que la metrópolis ha conocido cuatro *tsunamis* desde hace un siglo.

Un sismo de magnitud 6 o más, mar adentro de la costa de Argelia (hipótesis para nada improbable, considerando la actividad sísmica de la región), provocaría, una hora después, un *tsunami* en las costas francesas que, sin ser tan devastador como el *tsunami* de 2004, causaría de todos modos pérdidas humanas y materiales importantes. Por esta razón, un sistema de detección y de alerta se está desarrollando en las costas metropolitanas.

El riesgo de *tsunami* en Chile

Chile, al igual que Francia, posee una vasta extensión de litoral sobre el cual existen pueblos y ciudades potencialmente expuestos al riesgo de tsunamis. El tsunami producto del sismo de 2010 dejó más muertos (cientos de personas) que el propio sismo debido a un error en la información que descartó este proceso. Las ciudades más afectadas fueron Constitución, Talcahuano y diversos poblados de pescadores.

Los riesgos mayores

Los últimos años han estado marcados por muy grandes catástrofes, ampliamente cubiertas por los medios de comunicación: el huracán Katrina en Nueva Orleans en 2005; el sismo y tsunami en Asia del Sureste en 2009; las monstruosas inundaciones en Pakistán; el sismo de Puerto Príncipe; así como los recientes sismos y *tsunamis* de Chile en 2010 y Japón en 2011, constituyen ejemplos de estos eventos que golpearon los espíritus.

Si bien, numerosos investigadores han trabajado en una clasificación de los riesgos en función de su frecuencia o de su gravedad, una de las mejores definiciones del riesgo mayor es la propuesta por Haroun Tazieff, volcanólogo, quien fue el primero en asumir, en 1984, la nueva secretaría de Estado para los Riesgos Mayores, en Francia.

Riesgos Naturales	Riesgos tecnológicos
-------------------	----------------------

Avalancha	Industrial
Ciclones/huracán/tifón	Transporte de materiales peligrosos
Incendio de bosque	Ruptura de represa
Inundación	Nuclear
Movimiento del terreno	
Sismo	
Movimientos marinos (tsunami y marejada)	
Tempestad	
Volcanismo	

La definición que doy del riesgo mayor, señala Haroun Tazieff, es la amenaza al hombre y a su entorno directo, sus instalaciones, la amenaza cuya gravedad es tal que la sociedad se encuentra absolutamente

sobrepasada por la inmensidad del desastre.

En Francia, los riesgos mayores se reparten en dos grandes familias: por un lado los riesgos naturales y, por otro, los riesgos tecnológicos.

La canícula, como la que Francia conoció en 2003, constituye un riesgo natural que no está todavía integrado comúnmente en esta clasificación. Dependiendo del país, otros riesgos pueden ser tomados en cuenta. Entre otros, la sequía o las plagas de insectos. Por último, el calentamiento climático no está considerado como un riesgo propiamente dicho, pero aumenta a la vez la amplitud y la frecuencia de la mayoría de los riesgos naturales mencionados anteriormente, a excepción de los riesgos que se relacionan con la estructura interna de la tierra (volcanismo y sismo).

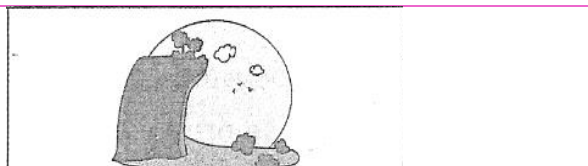
Peligro, enjeu (sistema afectable), riesgo y catástrofe

En esta obra, destinada a sensibilizar a los alumnos de educación básica en torno a los riesgos naturales, hemos simplificado voluntariamente las nociones de riesgo, eligiendo no tratar la vulnerabilidad, y concentrándonos en dos nociones importantes: el *peligro* (*aléa*). Esta aproximación nos parece suficiente para poder comprender la noción de riesgo y, sobre todo, transmitir esta noción fundamental: sin *enjeu*¹ (= sistema afectable) no hay riesgo.

En efecto, un sismo, aun de gran magnitud, en pleno desierto, no tendrá ninguna consecuencia, en tanto que el mismo evento en una ciudad como Puerto Príncipe es una catástrofe.

Un peligro es la probabilidad de que un evento natural se produzca durante un tiempo determinado. El **sistema afectable** (*enjeu*) está constituido por las personas, los bienes, los equipos y el ambiente amenazados por un **peligro** (*aléa*). El **riesgo** es entonces la amenaza que pesa sobre el sistema afectable. El peligro es un estado, el riesgo su medida.

En este ejemplo, el peligro (*aléa*) es la probabilidad de que durante un determinado tiempo varios bloques de roca se desprendan, cayendo al suelo.



¹ El *enjeu* se refiere sistema afectable (vidas humanas, obras civiles, bienes económicos) por el peligro natural.

La ciudad, sus habitantes, sus comercios, así como todo su entorno (rutas, teléfono, agua) forman el sistema afectable (*enjeu*) amenazado por el peligro natural.

Se habla de catástrofe cuando el riesgo ocurre.

El riesgo natural en Francia

Aunque Francia no es el más expuesto en el mundo, las consecuencias de eventos raros y extremos pueden ser catastróficas también en él. Por otra parte, el calentamiento climático debe prepararnos al agravamiento de todos los riesgos relacionados con los fenómenos meteorológicos durante los próximos decenios.

Más abajo, veremos rápidamente los riesgos naturales presentes en el territorio francés, a excepción de los riesgos sísmicos, volcánicos y de subversión marina (*tsunamis* y marejadas), los que han sido ampliamente detallados en los capítulos precedentes.

El riesgo natural en Chile

Chile, en cambio, está expuesto a numerosos eventos catastróficos, sismos, tsunamis, erupciones volcánicas explosivas, aluviones y deslizamientos de tierra, entre otros. En Chile, ocurrió en 1960 el terremoto de mayor magnitud registrado en el mundo, y el terremoto de 2010 fue también de una fuerte magnitud, provocando un tsunami de efectos catastróficos. En el año 2015, un aluvión devastó pueblos y ciudades en el valle del río Copiapó.

Aunque estos eventos no se tratarán dentro de este libro que fue editado previamente a estos eventos y para la realidad francesa, consideramos una incorporación en una futura edición.

El riesgo de *inundación*

Es el riesgo mayormente presente en el territorio nacional. Más de la mitad de las 36.000 comunas pueden ser afectadas. Entre 1982 y 2010 las inundaciones causaron más de 200 víctimas y significaron más de 6 mil millones de euros en daños.

Sin embargo, todo esto no es gran cosa si recordamos las grandes crecidas del Loira y del Sena en 1910. Hoy en día, tales fenómenos afectarían a varias centenas de miles de personas y provocarían una crisis económica mayor.

Se considera generalmente que existen cuatro tipos de inundación:

- **Las inundaciones de llanura**

El río sale de su lecho menor lentamente y puede inundar la llanura durante un período relativamente largo. El río ocupa su lecho medio y eventualmente su lecho mayor.

- **Las inundaciones por subidas de napas**

Cuando el suelo está saturado de agua, ocurre que la napa aluvial aflora, generándose una inundación espontánea. Este fenómeno se produce particularmente en los terrenos bajos y puede perdurar.

- **Las crecidas torrenciales**

Cuando las precipitaciones intensas caen sobre toda una cuenca, las aguas corren y se concentran rápidamente en el curso de agua, provocando crecidas brutales y violentas en los torrentes y ríos torrenciales.

- **La escorrentía urbana**

La impermeabilización del suelo en medio urbano (edificios, carreteras, estacionamientos, etc.) limita la infiltración de las lluvias, lo que ocasiona a menudo la saturación de las redes de saneamiento de las aguas pluviales. Esto produce escurrimientos más o menos importantes y a menudo rápidos en las calles.

El riesgo de *incendio forestal*

Los incendios forestales son siniestros que se declaran en una formación natural que puede ser de tipo forestal (bosques frondosos, coníferas, o mixtos); sub forestales (maquis, matorrales o landas), o aún de tipo herbáceo (praderas, césped).

En Francia, si bien los departamentos del sur y suroeste son los más perjudicados, la mayor parte de las otras regiones pueden también ser afectadas, particularmente en el Oeste (Vendée, Bretaña). En Chile, los incendios forestales afectan miles de hectáreas de bosques, matorrales, pastizales y todo lo que habita en ellos. El mayor daño corresponde a praderas y matorrales. En menor escala, arbolado natural y plantaciones forestales, principalmente de pino insigne (Fuente: <http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/>).

Los incendios se producen preferentemente en verano, pero más de un tercio ocurren fuera de esta época del año. La sequedad de la atmósfera y la vegetación, acompañada de un bajo contenido de agua de los suelos, es favorable a los incendios, incluso en invierno.

Con más de quince millones de hectáreas de zonas boscosas, Francia está periódicamente sometida a incendios forestales: sólo en la periferia del mediterráneo son 15.000 hectáreas las que arden cada año. En Chile, la superficie afectada en cada período de incendios forestales promedia las 52.000 hectáreas quemadas, pero con valores extremos que han ido desde 10.000 y 101.000 hectáreas (Fuente:

<http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/>).

La mayor parte de los incendios son causados directamente o indirectamente por el hombre; por ejemplo, un agricultor que quema la tierra para hacerla más fértil, un cigarro mal apagado, una fogata, sin contar los incendios provocados por los pirómanos. Entre las causas naturales, la más frecuente es el relámpago.

Los incendios pueden tomar diferentes formas, según las características de la vegetación en la que ocurren.

- **Incendio del suelo**

Los incendios del suelo queman la materia orgánica contenida en la hojarasca, el humus o las turberas. Su velocidad de propagación es baja. Aunque poco virulentos, pueden ser muy destructores. Atacan los sistemas subterráneos de los vegetales. Pueden también desarrollarse en profundidad, lo que hace más difícil su extinción.

- **Incendio de superficie**

Los incendios de superficie queman los estratos bajos de la vegetación, es decir, la parte superior de la hojarasca, el estrato herbáceo y los leñosos bajos. Afectan los matorrales y las landas. Su propagación puede ser rápida cuando se desarrollan libremente y las condiciones de viento o de relieve les son favorables.

- **Incendio de cimas**

Los incendios de cimas queman la parte superior de los árboles y forman una corona de fuego. Liberan, en general, grandes cantidades de energía y su velocidad de propagación es muy elevada. Son más intensos y difíciles de controlar cuando el viento es fuerte y la vegetación es seca.

El riesgo de *movimientos de terreno*

Los movimientos de terreno agrupan un conjunto de desplazamientos, más o menos brutales, del suelo y del subsuelo, de origen natural o humano.

Los volúmenes en juego, oscilan entre algunos centímetros cúbicos y algunos millones de metros cúbicos. Los movimientos pueden ser lentos (algunos milímetros por año) o muy rápidos (algunos centenares de metros diarios).

Estos fenómenos son a menudo muy destructores, pues las instalaciones humanas son muy sensibles a ellos y los daños ocasionados irreversibles. Se distinguen dos grandes categorías de movimientos:

- **Los movimientos lentos y continuos**

- Los asentamientos y los hundimientos

Algunos suelos pueden asentarse bajo los efectos de sobrecargas o de sequías. Este fenómeno origina, por ejemplo, la inclinación de la Torre de Pisa.

- Las arcillas hinchables o expansivas

Las variaciones de la cantidad de agua en algunos terrenos arcillosos producen hinchamientos (período húmedo) y asentamientos (período seco).

- El deslizamiento de tierra

Se produce generalmente en situación de fuerte saturación del suelo por las aguas. Pueden movilizar considerables volúmenes de terreno, que se desplazan a lo largo de una pendiente.

- **Los movimientos rápidos y discontinuos**

- Los colapsos de cavidades subterráneas

Se trata de cavidades naturales formadas lentamente por el agua durante milenios o canteras subterráneas utilizadas para la extracción de minerales y de materiales de construcción. En ambos casos estas cavidades soportan un techo más o menos sólido que se ve afectado en el tiempo por tensiones impuestas por su peso, edad o infiltraciones de agua, y pueden colapsar brutalmente. En 1961, por ejemplo, en Clamart, una ciudad en los suburbios parisinos, más de 8 hectáreas se derrumbaron, provocando la muerte de 21 personas.

- Los desprendimientos y las caídas de rocas

La evolución de los acantilados y vertientes rocosos provocan la caída de bloques de rocas, piedras, e incluso derrumbes en masa (volumen de varios millones de metros cúbicos).

- Los aluviones de barros y torrenciales

Se caracterizan por el transporte de materiales bajo una forma más o menos fluida. Los aluviones de barro se producen en pendientes, durante grandes precipitaciones. Los aluviones torrenciales se producen en el lecho de ríos en momentos de crecida.

- La erosión litoral

Este fenómeno puede ser clasificado en dos categorías, puesto que combina una erosión lenta de las costas arenosas por las olas y corrientes marinas y también un colapso brutal de los acantilados (por ejemplo, Nord-Pas-de-Calais, Normandía, Costa Vasca). En Francia, 1.800 km de costas retroceden cada año a una distancia comprendida entre 50 cm y 1 metro.

El riesgo de *tempestad*

Las tempestades conciernen a una gran parte de Europa y, particularmente, a ciudades francesas. Una tempestad corresponde a la evolución de una perturbación atmosférica, o depresión, por lo que se pueden enfrentar dos masas de aire de características distintas (temperatura, humedad). A los vientos que pueden sobrepasar los 200 km/h en ráfagas, pueden añadirse lluvias importantes, factores de riesgo para las poblaciones y las actividades humanas.

Los tornados se consideran un tipo particular de manifestación de las tempestades. Se singularizan por una duración de vida limitada y un área geográfica mínima con respecto a las tempestades clásicas. Estos fenómenos localizados pueden tener algunas veces efectos devastadores, teniendo en cuenta la particular fuerza de los vientos inducidos (velocidad máxima del orden de los 450 km/h). Los tornados se producen generalmente durante el período estival.

La mayoría de las tempestades que afectan a Francia se forman en el océano Atlántico, durante los meses de otoño e invierno (se habla de *tempestad de invierno*). Progresan a una velocidad promedio del orden de 50 km/h y pueden cubrir una zona de 2.000 km de ancho.

En Francia, en promedio se producen quince tempestades anuales que afectan sus costas. De ellas, una o dos son particularmente potentes. Aunque este riesgo afecte especialmente el cuadrante noroeste del territorio metropolitano y la fachada atlántica en su totalidad, las tempestades ocurridas en diciembre de 1999 mostraron que ninguna parte del territorio está a salvo de este fenómeno. Han demostrado, igualmente, la amplitud de las consecuencias (humanas, económicas, medioambientales) que pueden generar. En efecto, las tempestades del 26, 27 y 28 de diciembre de 1999 han sido las más dramáticas de estos últimos decenios, con un balance total de 92 muertos y daños estimados en más de 15 mil millones de euros. Se ha estimado que su período de retorno es del orden de 400 a 500 años. En febrero del 2010 la tempestad Xynthia fue acompañada de fuertes ráfagas de viento y olas de varios metros de altura. La conjunción de la tempestad con una marea de fuerte coeficiente provocó la ruptura de varios diques en Charente-Maritime y en Vendée, y la muerte de más de 50 personas.

El riesgo de *ciclones*

Los ciclones son los fenómenos climáticos más fuertes y cada año originan un balance, humano y económico, muy negativo.

Representan un riesgo mayor para el conjunto de las zonas tropicales (en particular, en Francia, para los DOM-TOM). Sin embargo, la vigilancia meteorológica y la información de la población permiten limitar considerablemente el número de víctimas. Las pérdidas financieras generadas pueden ser cifradas en varias decenas de miles de millones de euros, como ha sido por ejemplo el caso del ciclón Katrina en Nueva Orleans, en 2005. Diversos términos son empleados en el mundo para designar este fenómeno: tifón, ciclón, kamikaze, huracán (este último es usado comúnmente en Occidente).

Se trata de una perturbación atmosférica en forma de torbellino de gran escala, originada en una caída importante de la presión atmosférica. El ciclón saca su energía de la evaporación del agua del mar y nace encima de las zonas cálidas de los océanos. Se caracteriza por lluvias diluvianas y vientos muy violentos (hasta 350 km/h), que dan vuelta en el sentido de las agujas del reloj (en el hemisferio Sur) o en el sentido inverso (en el hemisferio Norte). Los vientos más violentos se encuentran en la periferia del *ojo del ciclón*, siendo el ojo una zona de calma.

El riesgo de avalanchas

Las avalanchas están consideradas entre las catástrofes naturales menos mortales (una treintena de muertos en Francia). Los accidentes mayores son excepcionales, la catástrofe de febrero de 1999 en Montroc (Alta Saboya) muestra toda la realidad de este riesgo en Francia. La imprudencia es, a menudo, la causa de los accidentes. Una avalancha es un desplazamiento rápido de una masa de nieve en una pendiente, provocada por una ruptura del manto nevado. Esta masa varía, de algunas decenas a varias centenas de miles de metros cúbicos, y se desplaza a velocidades comprendidas entre 10 km/h y 400 km/h, según la naturaleza de la nieve y las condiciones del flujo.

En Chile, las avalanchas corresponden a un riesgo siempre presente por las actividades que se desarrollan en la cordillera. El 90% de las avalanchas ocurre durante la caída de nieve o inmediatamente después. Las mayores catástrofes han ocurrido en el campamento Sewell-El Tieniente, donde han fallecido 192 personas. La mayor de ellas ocurrió 1944 cuando fallecieron 102 personas. Otra catástrofe no menor ocurrió en 1953 en la localidad de Lo Valdés, Cajón del Maipo, cuando fallecieron 21 estudiantes y 2 profesores del Liceo Juan Bosco en un refugio en el río El Volcán (Fuente: <http://es.slideshare.net/pedroneculhueque3/las-avalanchas-en-chile>).

Se distinguen tres clases de avalanchas según el tipo de nieve y las características del flujo.

- **La avalancha de placa**

La avalancha de placa, generalmente provocada por el paso de un esquiador, se debe a la mala cohesión entre una capa de nieve superficial reciente, en general traída por el viento, y una capa base más antigua y dura.

- **La avalancha en aerosol**

Una fuerte acumulación de nieve reciente, ligera y seca (en polvo), puede provocar avalanchas de muy grandes dimensiones con una espesa nube de nieve (aerosol). Una avalancha progresa a gran velocidad (100 a 400 km/h). Su fuerza destructora es muy grande. Su trayecto es bastante rectilíneo y es posible que remonte en una vertiente opuesta. La onda de choque que la acompaña puede provocar daños fuera del perímetro de depósito de la avalancha.

- **La avalancha de nieve húmeda**

Cuando la nieve se densifica y se humedece bajo la acción del deshielo, en primavera o después de una lluvia, puede formar avalanchas, llevándose al conjunto del manto nevado. Se escurren a una velocidad lenta (hasta 20 km/h), siguiendo el relieve en sus puntos bajos (corredor, barranco, talud). Aunque su recorrido sea bastante conocido, pueden ser desviadas por un obstáculo y generar daños en zonas a priori no expuestas.

La prevención de los riesgos

La prevención de los riesgos naturales consiste en reducir la intensidad de algunos peligros y la vulnerabilidad del sistema afectable, para que el costo humano y material sea soportable para la sociedad.

La prevención cubre la integralidad de la cadena de riesgo e implica numerosas acciones, entre las cuales es difícil escoger.

Esta elección no se basa solamente en los límites del conocimiento científico, sino también en nuestras elecciones como sociedad.

- ¿Qué nivel de seguridad queremos tener?
- ¿Qué sumas de dinero estamos dispuestos a pagar para alcanzar ese nivel de seguridad?
- ¿Cuáles son las prioridades?

El estado francés realiza planes de prevención de riesgos naturales (PPRn) estudiando la historia de los territorios. Se reglamenta el uso de los suelos en función de los riesgos naturales a los cuales están sometidos. Esta reglamentación va desde la prohibición de construir a la posibilidad de construir bajo ciertas condiciones.

Además, cada alcalde de una comuna sometido a un PPRn (en Francia) tiene la obligación legal de generar un Documento de Información Comunal de los Riesgos Mayores (DICRIM). Este documento, que debe estar a libre disposición de los ciudadanos en la municipalidad, informa precisamente a éstos sobre los riesgos y las medidas de salvaguardia.

El Ministerio de Ecología de Francia desarrolló un sitio Internet que permite a las personas consultar sobre los riesgos a los cuales su ciudad está expuesta, y que da acceso a las medidas tomadas localmente para prevenir y limitar estos riesgos:
<http://macommune.prim.net>

Enfoque Pedagógico

Se aprende bien solamente lo que contesta a las preguntas que uno se plantea.

J.J Rousseau

La esencia misma de la reflexión es comprender que no se había comprendido.

G. Bachelard

Una aproximación multidisciplinaria

La educación en riesgos conlleva dos componentes que conviene distinguir bien, incluso si son muy complementarios:

- **El componente operacional**

Este componente comprende la seguridad de los edificios escolares, el plan particular de los ejercicios de seguridad, el aprendizaje de socorrismo y los ejercicios/simulaciones. El componente operacional es históricamente el primero en haber penetrado en la escuela. Producto de las metodologías desarrolladas por la ingeniería civil y la seguridad/protección civil, estos conocimientos están bien dominados y los resultados se relacionan directamente con el tiempo invertido y el aumento de los financiamientos disponibles.

- **El componente cultural**

Estamos en el dominio de la educación escolar. Los objetivos son formar a los futuros ciudadanos a vivir con los riesgos de la manera más responsable posible y dar a los escolares y al personal del establecimiento escolar una cultura del riesgo que los conduzca a adherir a las coacciones del componente operacional de la prevención.

Este componente cultural apareció más tardíamente en las escuelas. Aunque la educación para el desarrollo sustentable ha hecho estos últimos años una entrada relevante en el mundo escolar (el calentamiento climático, el ahorro de agua y de energía, la protección de la biodiversidad, la selección de los desechos, etc., son temas tratados en la escuela), la prevención de riesgos todavía está poco o nada presente.

Sin embargo, la educación para la prevención ante los riesgos es un componente indiscutible de la educación para el desarrollo sustentable, como mostraron las conclusiones de la Conferencia Mundial de la Unesco sobre la Educación para el Desarrollo Sustentable (Bonn, 2009), así como la hoja de ruta de la Unesco para los cinco próximos años. Proponemos, en el marco de este proyecto, adoptar una aproximación educativa que se inspira en la reflexión y los métodos de trabajo de la Educación para el Desarrollo Sustentable, tal como se ha desarrollado en proyectos anteriores de *La mano en la masa (La main à la pâte)* (ver al final del capítulo y Bibliografía al final del libro).

- **Multidisciplinarietà**

Una comprensión global de la prevención de los riesgos necesita, a la vez, el estudio del peligro (Ciencias de la Tierra) y el estudio del sistema afectable (geografía o instrucción cívica), pero también un análisis de la vulnerabilidad (aproximación social y económica). Para esto, el cruce de las disciplinas es indispensable. La educación en riesgos se sitúa así en una encrucijada de la enseñanza de las ciencias (en particular, pero no únicamente, medioambientales), de la geografía, de la educación cívica, de la educación en la seguridad doméstica, etc.

- **Comprender para actuar**

No sirve de nada oponer la teoría y la práctica, el saber y la acción, ya que son indisolubles. La teoría es importante porque permite a los niños comprender la naturaleza de los fenómenos en juego; cuáles son los efectos de uno u otro parámetro; por qué tal o cual situación presenta un riesgo más importante. Esta comprensión les permite después determinar, por sí mismos (pero guiados por el profesor, que valida también los resultados obtenidos), los comportamientos a adoptar. Estos comportamientos, cuando son el fruto de una reflexión, de un cuestionamiento, de una confrontación, se recuerdan e integran mucho mejor que cuando se trata simplemente de instrucciones transmitidas por la autoridad (el maestro, el alcalde, el libro, etc.).

- **Aproximación global y local**

Es posible, que la educación para el desarrollo sustentable, de lugar a estudios de fenómenos globales, que ayudan a los alumnos a comprender los principales retos que enfrenta la sociedad, pero ella debe igualmente tener sentido en sus entornos próximos.

Los alumnos pueden entonces aplicar *in situ* sus conocimientos de los fenómenos y evaluar los efectos de acciones destinadas a ponerlos en práctica.

En el contexto de la educación en riesgos, esto corresponde al trabajo relacionado con un riesgo local. En este trabajo los alumnos aportarán los elementos de prevención, particularmente para la difusión de una conciencia del riesgo dentro de la comunidad.

En el proyecto *Cuando la Tierra ruge* proponemos, voluntariamente, diferentes aproximaciones complementarias: globales / locales, centradas en conocimientos / centradas en la experiencia vivida.

A través de las diferentes secuencias, hacemos uso de los conocimientos y competencias resultantes de las ciencias y la tecnología, pero también de la historia, de la geografía, de las matemáticas, de las TICE (Tecnología de Información y de la Comunicación para la enseñanza), o, de modo más transversal, del dominio del lenguaje y de la educación cívica.

La ciencia y la tecnología, que constituyen la columna vertebral del proyecto, son desarrolladas en conformidad con los principios de *La mano en la masa* (ver adelante). La pedagogía de investigación está, en este contexto, bien establecida, y es objeto de una presentación detallada a continuación en este enfoque pedagógico.

Para las otras disciplinas citadas más arriba, algunos elementos de esta pedagogía permanecen válidos (por ejemplo, el acento puesto en el cuestionamiento). En estas disciplinas, la noción de prueba no tiene necesariamente el mismo sentido que en las ciencias.

No hemos buscado adoptar un camino uniforme durante todo el proyecto, perspectiva que borraría las especificidades disciplinarias. Al contrario, quisimos respetar esta

diversidad.

Esa es la razón por la cual precisamos, en cada sesión, cuál es la disciplina dominante.

A veces, algunos abusos de lenguaje persisten, como la utilización de la expresión *cuaderno de experimentos*, que tiene todo su sentido en ciencias, pero que hemos mantenido, por comodidad, para las otras disciplinas.

¿Por qué estudiar los volcanes, los sismos o los *tsunamis*?

Podríamos responder: *porque estas temáticas están en los programas* (lo que es explícitamente verdadero para los volcanes y los sismos, e implícitamente para los *tsunamis*, que son una de las consecuencias posibles de esos dos fenómenos). Pero existen otras razones.

La primera, es que un niño nacido en la metrópolis no permanecerá allí toda su vida. Tendrá la oportunidad de viajar a los DOM-TOM o al extranjero, y podrá entonces estar directamente implicado en uno de aquellos fenómenos. Vimos recientemente (durante el *tsunami* de Sumatra de diciembre de 2004) que la educación de un niño podía salvar vidas.¹

La segunda razón es que, a diferencia de lo que se cree a menudo, aun la metrópolis está afectada por el riesgo sísmico (Pirineos, Alpes), y por los *tsunamis* (Niza ha conocido uno no hace tanto tiempo). Para las clases en los DOM-TOM, y en particular en las Antillas, la exposición al riesgo es evidente.

La tercera razón –no menos importante– es que estas catástrofes naturales son más y más cubiertas por los medios, y que los niños están frecuentemente enfrentados a ellos (televisión, radio, Internet, prensa infantil). El discurso dominante otorga un lugar muy importante a lo emocional, y poco o nada a la comprensión, lo que puede provocar mucha ansiedad en los niños. El trabajo de clase permite al niño entender el mundo en que vive, formular las preguntas (¿Por qué? ¿Cómo? ¿Qué hacer?) y así no se limita sólo a la reacción de horror causado por las imágenes dramáticas que recibe.

Volcanes, sismos y *tsunamis* están estrechamente ligados, al tener sus orígenes en fenómenos geofísicos idénticos, y es por esta *unidad conceptual*, que los hemos escogido para este proyecto. Su estudio se fundamenta, esencialmente, en un trabajo en ciencias y en particular en geografía.

¿Por qué estudiar un riesgo local?

Como lo hemos dicho más arriba, el anclaje al territorio es importante, porque permite apoyarse en la experiencia vivida por el niño o por sus allegados. Este anclaje ayuda a desarrollar lo que se puede llamar una *conciencia del riesgo*.

Se trata de una etapa importante si deseamos que el niño desarrolle un comportamiento adecuado y se vuelva responsable.

Tal trabajo apunta más a la instrucción cívica y geográfica. El camino adoptado no

puede estar directamente calcado del camino de investigación científica, incluso si se puede inspirar en éste, dando por ejemplo siempre una gran importancia a los cuestionamientos del niño.

¡Lo uno no excluye lo otro!

Hemos señalado más arriba que no es cuestión de oponer lo global a lo local, ni la comprensión a la acción, sino más bien de mezclar ambas aproximaciones. Aconsejamos pues al maestro que elija un proceso *compuesto*; por ejemplo:

- 1) Estudio de un fenómeno geológico a elección (volcán, sismo o *tsunami*). Este es el objeto de las secuencias 1, 2 y 3 del módulo pedagógico. Dicho trabajo permitirá, entre otras cosas, apropiarse de algunas nociones propias de la educación en riesgos (peligro, sistema afectable, etc.).
- 2) Estudio de un fenómeno local. Esta es la finalidad de la secuencia 4, que permite aplicar las nociones vistas anteriormente en otro territorio, con otro riesgo y más próximo al colegio del niño.

Apropiarse del proyecto Cuando la Tierra ruge

Un proyecto llavero...

Esta obra presenta una progresión que puede ser considerada como *llavero*: todas las sesiones han sido validadas por científicos y especialistas en didáctica, luego probadas en una veintena de clases de diferentes perfiles (medio rural/urbano, favorecido o no, con profesores debutantes o experimentados). La descripción de las sesiones es suficientemente precisa para permitir a un maestro, aún poco familiarizado con el proceso de investigación, saber en qué se involucra. Para cada sesión se señala el tiempo aproximado de la actividad, cuál es el equipo necesario, por cuál cuestionamiento empezar la investigación, cuáles son las dificultades potenciales, a qué tipo de conclusión se apunta.

Apropiarse del proyecto y luego adaptarlo

Apropiarse del módulo implica, en un comienzo, tomar conocimiento del mismo. Para esto es indispensable leer el contenido de las diferentes sesiones, realizar por sí mismos no solamente las actividades experimentales, sino también otras tareas tales como la lectura de los documentos fotográficos, las tablas de mediciones, la realización de gráficos, etc. Las indicaciones y comentarios que han parecido suficientes a los autores no lo son siempre para el lector.

Un tiempo de reflexión y maduración es deseable, lo que conducirá, tal vez, a efectuar adaptaciones en función de los alumnos o, de manera más general, del contexto (equipo disponible, vivencia de la clase).

Se abren así diversas posibilidades de adaptación, al mismo tiempo que avanza el

proyecto:

- Aprovechar los intereses y cuestionamientos de los alumnos, suscitado por un intercambio de argumentos, una actualidad local, etc.
- Tener en cuenta las dificultades imprevistas de implementación, de orden material y de bloqueo (mental) de los alumnos.
- Repartir el módulo en los tres niveles del ciclo, en el marco de una programación de éste o porque se tiene una clase de varios niveles.
- Optar por desarrollar más que lo inicialmente previsto en una sesión, en el marco de la multidisciplinaridad (la repartición geográfica de los volcanes y de los sismos, las representaciones gráficas en matemáticas, el vocabulario y la sintaxis del lenguaje, etc.).

Esta adaptación necesaria es provechosa para el profesor y los alumnos, sin por ello perder de vista la idea principal: permitir la comprensión de fenómenos naturales tales como el volcanismo, los sismos, los *tsunamis* (así como algunos riesgos anclados localmente), y saber cómo actuar en caso de catástrofe.

¿Cómo poner en marcha un proceso de investigación en ciencias?

Según el tema de estudio, la naturaleza de las investigaciones, las reacciones de los alumnos, el material y el tiempo disponibles, las sesiones del módulo *Cuando la Tierra ruge* pueden tomar formas totalmente distintas. No obstante, se trata siempre de una investigación, que pasa en general por tres fases:

- Un cuestionamiento, iniciado por el profesor o los alumnos.
- Una investigación, que puede ser documental, experimental, observacional, etc.
- Una estructuración de los conocimientos, provocando, a su vez, un nuevo cuestionamiento, una nueva investigación, etc.

Sin embargo, es usual que una sesión no contenga el conjunto de estas tres fases, sino que ellas se encuentren repartidas en varias sesiones que tratan de un mismo problema. Por ejemplo, para la fabricación de un sismógrafo, la primera sesión está dedicada a un cuestionamiento relativo a la detección de los sismos, es decir, a la manera de concebir un sismógrafo, mientras que la siguiente está destinada a la fabricación y a los ensayos, así como a una investigación documentada. El final de la última sesión permite reubicar las diferentes nociones en sus contextos y estructurar los conocimientos adquiridos.

En los párrafos que siguen se precisa, con ayuda de ejemplos concretos derivados del módulo *Cuando la Tierra ruge*, el lugar de los escritos y el rol del maestro durante los tres tiempos importantes del proceso de investigación: cuestionamiento, investigación, estructuración de los conocimientos.

La fase de cuestionamiento

El cuestionamiento es el hilo conductor del módulo *Cuando la Tierra ruga*.

Sobre la base de la diversidad de las respuestas obtenidas, de su confrontación, incluso de sus divergencias, se diseñará un problema que los alumnos tendrán que resolver. Toda la dificultad del profesor está en dirigir la discusión que llevará a los alumnos a tomar conciencia del problema, de lo que quieren saber o demostrar. Para esto, él fomenta la comunicación entre los alumnos y los guía en sus reflexiones: *¿Qué diría usted? ¿Cuál es su opinión al respecto?*

La sesión 1-1, *la historia del dios Vulcano*, es un buen ejemplo. A través de la lectura de un texto que relata las erupciones volcánicas asimiladas a las *cóleras del dios Vulcano*, los alumnos son conducidos a expresar algunas de sus concepciones acerca de este tipo de fenómeno natural. La confrontación de estas concepciones les permitirá, entonces, desprender un conjunto de preguntas que los guiará para las siguientes investigaciones: *¿Un volcán se puede despertar? ¿Se puede prevenir una erupción? ¿Cómo se forma un volcán? ¿Dónde se ubican los volcanes?*

La formulación de hipótesis

Apoyándose en su experimento o sus conocimientos, el alumno da las explicaciones exactas, o no. Así, durante la sesión 2-4 la mayor parte de los alumnos de la escuela básica no tienen en general una idea precisa del origen de los temblores sísmicos. Pueden relacionar el origen con una causa volcánica o meteorológica (por ejemplo el calor agrieta el suelo), o también con una causa de carácter humano (guerras, bombas). Es entonces mediante la investigación, vía un estudio documentado y/o una experimentación, que los alumnos van a poder abandonar los postulados del comienzo. El experimento se realiza, por lo tanto, no como un fin en sí mismo, sino como una necesidad que permite verificar la pertinencia de una hipótesis.

La formulación de las concepciones o de las hipótesis de los alumnos (lo que ellos suponen saber, lo que creen comprender y poder explicar de un fenómeno) puede ser efectuado de manera individual o colectiva:

- **En la forma:**
 - de un dibujo con leyenda, como en la segunda sesión sobre los volcanes, cuando el profesor pide dibujar una erupción volcánica correspondiente al texto propuesto;
 - de un texto argumentado, como durante la sesión 3-1 sobre los *tsunamis*, en donde los alumnos, después de observar dos fotografías (antes y después del *tsunami*), deben describir y explicar lo que pudo haber sucedido.
 - de una lista, cuando se interroga a los alumnos, en las secuencias 2 y 3, sobre las conductas a seguir y las actitudes a adoptar en caso de terremoto o de *tsunami*.
- **En el oral**, como una discusión colectiva argumentada entre los alumnos: *¿qué es una catástrofe natural?; luego, ¿qué es un riesgo natural?*

La fase de investigación

Durante esta fase, todavía guiada por el profesor, el alumno se involucra en la búsqueda de soluciones al problema formulado. Se trata de poner a prueba las *hipótesis* formuladas.

El maestro se preocupa de que las modalidades de investigación sean encontradas por los mismos alumnos; ellos no deben ser simples ejecutantes. A veces los puede ayudar, en caso de bloqueo, presentándoles por ejemplo el material disponible. Cuando no es posible realizar el experimento, la investigación documentada, la modelación, la entrevista, permiten a los alumnos validar o refutar las hipótesis precedentemente emitidas.

El módulo *Cuando la Tierra ruge*, ofrece una gran variedad de medios de investigación. Estos son algunos ejemplos:

- **Experimentos:** ¿Por qué algunos conos volcánicos son más inclinados que otros? ¿Cómo se propaga un remezón sísmico? ¿Cuál es el origen de un remezón sísmico? ¿Cómo crear una ola? (Sesiones 1-5, 2-3, 2-5 y 3-2).
- **Investigaciones documentadas:** ¿Dónde se localizan los volcanes? ¿Cómo protegerse del riesgo volcánico? ¿Dónde se localizan los sismos? (Sesiones 1-4, 1-8, 1-11 y 2-4).
- **Modelación:** ¿Cuál es el origen del cono volcánico? ¿Cómo construir edificios resistentes? (Sesiones 1-4, 2-10 y 2-11)
- **Construcción:** Construcción de una maqueta del volcán (Sesión 1-6)
- **Entrevista:** ¿A qué riesgo se ha enfrentado mi comuna? (4-2)
- **Observación:** Salida a terreno para identificar los riesgos existentes (4-3)

Notemos que algunas modelaciones o estudios documentales pueden ser realizados mediante animaciones multimedia, como por ejemplo cuando buscamos modelar diferentes tipos de erupciones volcánicas haciendo variar diferentes parámetros (presión de gases, viscosidad de la lava), o cuando miramos una animación que relata la historia de las catástrofes naturales (Sesiones 1-2 y 1-12).

La estructuración de los conocimientos

Hemos visto cómo el cuestionamiento ocupa un lugar esencial a lo largo de la investigación, ya sea para tratar de formular un problema, interpretar el resultado de una experiencia, confrontar los puntos de vista, etc. A veces son necesarias varias idas y vueltas entre cuestionamientos e investigación antes de dar respuestas sobre el problema y construir así nuevos conocimientos.

Es durante la fase oral colectiva que la clase construye verdaderamente un conocimiento común. El debate tiene allí un lugar primordial. Esta puesta en común no debe ser vista como un diálogo entre alumnos y profesor, sino como un diálogo entre los alumnos, facilitado por el profesor.

Toda la clase participa en la elaboración de una explicación escrita colectiva, que se

consensua y que resume lo que se ha aprendido y comprendido. Esta conclusión permite igualmente tomar distancia de la actividad realizada, con el fin de estar en condiciones de empezar a generalizar y conceptualizar. La precisión del vocabulario se vuelve aquí central. De este modo, para el alumno el término placa tectónica (elemento geológico) no designará más un continente (elemento geográfico). Igualmente, la distinción se hará entre magma (mezcla de roca en fusión y gas presente en los comportamientos volcánicos) y la lava (roca en fusión que sale a la superficie). Esta explicación escrita colectiva es a menudo textual, pero se pueden agregar otras formas de presentación: gráficos, esquemas.

La conclusión es consensuada por la clase, ¡pero esto no significa que sea válida! ¡Podemos estar todos de acuerdo y estar todos equivocados! Una etapa esencial, a menudo olvidada de la investigación, es la necesaria confrontación del conocimiento construido en clase (nuestras conclusiones) con el conocimiento establecido (lo que saben los científicos). Esta confrontación se hace con la ayuda de libros, de documentos, o aun del profesor, que es también depositario del conocimiento establecido.

En el módulo pedagógico *Cuando la Tierra ruge* se presentan conclusiones tipo al final de cada sesión. Se trata por supuesto de ejemplos (basados en los *test* realizados en clase) destinados a guiar al profesor. Sin embargo, sería lamentable que estas conclusiones se usaran tal cual se presentan.

Recomendamos a los maestros dejar que sus alumnos elaboren sus propias conclusiones, basadas en el trabajo efectivamente realizado en las clases.

Los roles del maestro

En el proceso de investigación, donde la actividad del alumno es preponderante y favorecida, el maestro tiene un doble rol, esencial. No es solamente aquel que transmite los conocimientos, sino también aquel que ayuda a los alumnos en el camino hacia la construcción, por ellos mismos, de conocimientos y adquisición del saber-hacer y saber-ser.

Para esto, se basa en los conocimientos que tiene de las capacidades de sus alumnos y también del progreso del conjunto de la clase. Está atento a la atmósfera general y al ritmo de cada uno de los alumnos o de los grupos; aporta su apoyo o reactiva la reflexión cuando es necesario; decide pasar o no pasar a otra actividad, en momentos de ajuste o de generalización. Para todo esto, se dice que es un *tutor* de la clase.

Pero tiene otro rol, menos clásico, y que aparece en algunos momentos de las interacciones entre maestro y alumnos, o solo entre alumnos. Por ejemplo, cuando cuestiona las proposiciones de los alumnos: *¿Y tu opinión? ¿Qué piensan ustedes de la opinión de su compañero? ¿Están de acuerdo con lo que se ha dicho?*, más que juzgar con *verdadero* o *falso*. O cuando da a los alumnos ocasión de conversar, argumentar, siendo árbitro o moderador. Él es el garante de los *hechos* observados, su normalidad, como intermediario entre la ciencia *oficial* (la de los sabios) y los alumnos.

Él decide también tomar en cuenta o no las proposiciones de los alumnos al justificar sus procesamientos, y finalmente, como experto o referente de la calidad científica de los resultados de los trabajos de la clase. Y por esto se dice que es *mediador* científico de la clase.

Ciencias y dominio de los lenguajes

La comunicación oral o escrita está presente a lo largo del proyecto *Cuando la Tierra ruge*. El cuaderno de experimentos, en particular, es una herramienta valiosa, cuyos usos merecen ser detallados.

¿Por qué los alumnos escriben?

Escribir invita a poner distancia, a clarificar y a formular pensamientos con el fin de hacerlos comprensibles para todos. Los alumnos no familiarizados con los procesos de investigación no escriben, en general, espontáneamente. Esta actividad necesita pues un aprendizaje, que será efectivo si los alumnos comprenden su utilidad. Todos los escritos, en sus formas más diversas (dibujos, esquemas, leyendas, gráficos, textos descriptivos o explicativos), contribuyen a la construcción de los aprendizajes.

- **El alumno escribe para sí mismo**

El escribir permite al alumno actuar (precisar un dispositivo, hacer elecciones, planificar, participar, anticiparse a los resultados), memorizar (mantener un registro de las observaciones, las investigaciones, las lecturas, volver a una actividad anterior) y comprender (organizar, clasificar, estructurar, relacionar escritos anteriores, reformular escritos colectivos).

- **El alumno escribe para otros**

El escribir le permite transmitir lo que ha entendido, cuestionar a los otros alumnos, pero también a personas externas a la clase (otras clases, su familia), explicar lo que ha hecho o entendido y sintetizar.

El cuaderno de experimentos puede ser organizado en dos partes: individual y colectiva.

Los **escritos individuales** constituyen una etapa personal del alumno, porque escribe en ellos sus primeras respuestas a las preguntas formuladas, describe las actividades que le posibilitan responder a esas preguntas, anota sus previsiones, redacta sus informes. Sirven de motor de la reflexión y el registro de la acción. En este sentido, son para el maestro una forma de seguir el progreso y el camino personal de cada niño. Es importante que aquél no intervenga en estos escritos personales (para corregir los errores, por ejemplo). Sin embargo, podrá ayudar al niño a estructurarlos poco a poco. Escritos poco elaborados y poco estructurados inicialmente, van a enriquecerse poco a poco de una descripción de los dispositivos experimentales (lista del material, protocolo, esquema o dibujo), de una redacción de los resultados y de su interpretación, de las conclusiones, etc.

Los **escritos colectivos** son el fruto de un verdadero esfuerzo de confrontación de ideas y proposiciones. Tienen entonces el estatus de escritos *válidos*. Deben, por lo tanto, velar por respetar las reglas ortográficas y sintácticas, y enriquecerse de un léxico preciso.

Evaluar los logros de los alumnos

¿Cómo evaluar los conocimientos y las competencias desarrolladas por los alumnos durante un proyecto como éste? La respuesta a esta pregunta depende ante todo del uso que tendrá esta evaluación.

Así, para responder a esta preocupación, cada situación de evaluación propuesta al final de las secuencias ha sido considerada como una evaluación diagnóstica, con el fin de permitir a los profesores recoger las informaciones pertinentes que conciernen a las capacidades de los alumnos para movilizar los recursos con que cuentan, vale decir, los elementos de conocimiento y los procedimientos que poseen. Este diagnóstico permite al profesor saber si los alumnos han aprendido bien tal o cual noción o tal competencia, con el objeto de calificarlos (evaluación acumulativa), en una perspectiva de ayuda y de regulación de los aprendizajes (evaluación formativa).

Por lo tanto, las situaciones propuestas están constituidas de situaciones complejas o problemáticas que van a necesitar para su resolución, de parte de los alumnos, la movilización de los recursos disponibles y, por consecuencia, permitirán al maestro medir el nivel de dominio de competencias de cada uno de sus alumnos. Es así, como en la evaluación sobre los sismos se anima a los alumnos, a través de diferentes documentos, a razonar sobre un evento sísmico preciso así sobre un protocolo experimental que no ha sido realizado en clase. Para resolver este problema, los alumnos, guiados por las preguntas, deben movilizar una cierta cantidad de conocimientos sobre los sismos y de conocimientos prácticos (*saber-hacer*), relevantes en los distintos dominios o áreas:

- **Cultura científica y tecnológica**
 - Practicar un proceso científico o tecnológico.
 - Practicar un proceso de investigación: saber observar, cuestionar.
 - Manipular y experimentar, formular una hipótesis y probarla, argumentar, ensayar varias pistas de solución.
- **Dominio del lenguaje**
 - LEER: localizar en un texto las informaciones explícitas.
 - LEER: inferir informaciones nuevas (implícitas).
 - ESCRIBIR: responder a una pregunta mediante una frase escrita completa.
- **Cultura humanista**
 - Tener referencias basadas en el tiempo y el espacio.
 - Conocer las principales características geográficas físicas, localizarlas en mapas a diferentes escalas.

En una perspectiva de evaluación formativa, la convergencia de las informaciones

aportadas por la evaluación permitirá, al maestro, apuntar a las dificultades eventuales de los alumnos (dificultades en relación, exclusivamente, con los conocimientos, las competencias, o bien la sinergia de ambos) y, a los alumnos, orientarse en sus aprendizajes.

Por último, es interesante comprobar que un alumno puede resolver por sí mismo una situación, pero esto no permite decir, sin más, que es competente. En efecto, la competencia no consiste en resolver una específica y particular situación-problema, sino en poder resolver diferentes situaciones que tienen características comunes. Si estas características comunes son suficientemente definidas, y se evalúa al alumno a través de dos o tres situaciones diferentes, pero que reúnen esas características, entonces se podrá obtener una conclusión acerca de si domina o no la competencia. Esto puede así inscribirse en un proceso de evaluación continua.

Por consecuencia, para ser precisa, fiable y útil, una evaluación de conocimientos y de competencias se completa favorablemente mediante la observación regular del comportamiento del alumno, de su trabajo individual o en grupo, y de sus registros escritos guardados en su cuaderno de experimentos.

Una evaluación semejante, llevada a cabo a lo largo del desarrollo del proyecto, permite adaptar la progresión de las sesiones. De este modo, si el maestro comprueba que algunos alumnos asimilan mal una noción, podrá dedicar algunos minutos o una sesión entera a otra actividad. Esta situación de rodeo permitirá abordar de manera diferente la noción mal asimilada por algunos alumnos, sin por tanto aburrir a los otros alumnos.

El cuaderno de experimentos resulta ser una herramienta muy útil para la evaluación formativa cuando los alumnos lo utilizan sistemáticamente para escribir lo que piensan del problema estudiado (sus ideas, concepciones, previsiones, sugerencias o hipótesis); explicar por qué medio van a resolver este problema (por ejemplo, el protocolo experimental); dar cuenta de sus resultados; explicar mediante una conclusión lo que ellos han entendido individualmente, antes de elaborar y redactar una síntesis colectiva al interior de la clase.

La observación del cuaderno de experiencias y del alumno en actividad en la clase permite así al maestro evaluar las capacidades y competencias esperadas en la base común de la educación básica:

Practicar un proceso científico y tecnológico:

- Saber observar y preguntar.
- Saber formular una hipótesis y ensayar, y poner a prueba varias pistas de soluciones.
- Saber expresar y explotar los resultados de una experiencia, de una medición o de una investigación.
- Las competencias cívicas y sociales: ser capaz de comunicar y trabajar en equipo; saber escuchar, hacer valer su punto de vista, negociar, buscar un consenso, cumplir su tarea según las reglas establecidas en grupo.

Ya sea para la evaluación acumulativa o la formativa, es muy importante que el profesor identifique bien lo que se espera de los alumnos. Para ayudarlo en esto, el módulo *Cuando la Tierra ruge* precisa los objetivos de los conocimientos y las competencias trabajadas para cada sesión y presenta el escenario conceptual del conjunto del proyecto.

Relaciones con la base común

Con respecto a los programas 2008 de la Educación Básica en Francia, el proyecto Cuando la Tierra Ruge permite, por la diversidad de los contenidos y los procesos utilizados, adquirir los conocimientos y las competencias conforme a las expectativas de la base común.

A fin de facilitar la conexión de este módulo (aspectos disciplinarios y transversales) con los programas de la escuela, presentamos a continuación:

- La lista de los conocimientos contemplados y las competencias trabajadas a lo largo del módulo, de conformidad con los soportes de la base común. Los soportes están presentados de acuerdo al orden dominante del proyecto.
- Extractos de la base común y de la libreta personal de las competencias.

Extractos de la base común:

Se trata de entregar a los alumnos la cultura científica necesaria para una representación coherente del mundo y la comprensión de sus entornos cotidianos.

Aproximaciones concretas a las ciencias, recurriendo especialmente a la habilidad manual, ayudando a comprender los conceptos abstractos.

Competencias del ciclo 3		
Los principales elementos de matemáticas y la cultura científica y tecnológica	Matemáticas	<p>Números y cálculo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estimar un orden de magnitud de un resultado <p>Geometría</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconocer, describir y nombrar las figuras y sólidos usuales <p>Magnitudes y medidas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los instrumentos de medida • Utilizar las unidades de medidas usuales <p>Organización y gestión de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leer, interpretar y construir algunas representaciones simples: tablas, gráficos • Saber organizar informaciones numéricas o geométricas, justificar y apreciar la verosimilitud de un resultado • Resolver un problema poniendo en juego una situación de proporcionalidad
Los principales elementos de matemáticas y la cultura científica y tecnológica	Ciencias y Tecnología	<p>Practicar un proceso científico y tecnológico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Practicar un proceso de investigación: saber observar, cuestionar • Manipular y experimentar; formular una hipótesis y probarla; • argumentar, ensayar varias pistas de soluciones • Expresar y explotar (¿utilizar?) los resultados de una medida y de una investigación utilizando (empleando) un vocabulario científico por escrito y por expresión oral <p>Dominar los conocimientos en diversos ámbitos de la ciencia y aplicarlos en contextos científicos diferentes y en actividades de la vida cotidiana</p> <ul style="list-style-type: none"> • El cielo y la tierra <ul style="list-style-type: none"> - Volcanes y sismos; los riesgos para las sociedades humanas • La materia <ul style="list-style-type: none"> - Estados y cambios de estado - Mezclas y soluciones • La energía <ul style="list-style-type: none"> - Ejemplos simples de fuentes de energía • Los seres vivos en su medio ambiente <ul style="list-style-type: none"> - La adaptación de los seres vivos a las condiciones del medio • Los objetos técnicos <ul style="list-style-type: none"> - Los circuitos eléctricos alimentados por pilas - Palancas y balanzas, equilibrios - Objetos mecánicos, transmisión de movimientos <p>Medio ambiente y desarrollo sustentable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar sus conocimientos para comprender algunas preguntas relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sustentable, y actuar en consecuencia
El dominio de la lengua		<p>Expresar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expresarse oralmente y por escrito mediante el vocabulario apropiado y preciso • Intervenir respetando el nivel apropiado de lenguaje. • Responder a una pregunta oralmente con una frase completa. Tomar parte en un diálogo: intervenir ante otros, escucharlos, formular y justificar un punto de vista <p>Leer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar el tema de un texto • Detectar en un texto informaciones explícitas • Inferir informaciones nuevas (implícitas) • Efectuar investigaciones sólo en obras documentales (libros, productos multimedia) <p>Escribir</p> <ul style="list-style-type: none"> • Responder a una pregunta mediante una frase escrita completa Redactar un texto de unas quince líneas (relato, descripción, diálogo, texto poético, informe) utilizando sus conocimientos en • Vocabulario y gramática <p>Vocabulario</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprender palabras nuevas y utilizarlas en el momento oportuno

El dominio de las técnicas usuales de la informática y de la comunicación

Crear, producir, procesar, utilizar datos

- Producir un documento numérico: texto, imagen, sonido
- Utilizar la herramienta informática para presentar un trabajo

Informarse, documentarse

- Leer un documento numérico

<p style="text-align: center;">La cultura humanista</p>	<p>Tener referencias basadas en el tiempo y el espacio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer las principales características geográficas, físicas y humanas de la región donde vive el alumno, de Francia y de la Unión europea², localizarlas en mapas a diferentes escalas • Comprender una o dos preguntas relacionadas con el desarrollo sustentable y actuar en consecuencia <p>Leer y practicar diferentes lenguajes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leer y utilizar textos, mapas, croquis, gráficos
<p style="text-align: center;">Competencias cívicas y sociales</p>	<p>Tener un comportamiento responsable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Respetar las reglas de la vida colectiva

² Se puede adaptar a la realidad de Chile y ciudad o pueblo donde vive el alumno.

Extensión del proyecto

Las secuencias propuestas en el módulo *Cuando la Tierra ruge* no pretenden abordar de manera exhaustiva el conjunto de las nociones relacionadas con el tema de los riesgos naturales. Éste se encuentra en el cruce de numerosos dominios disciplinarios. Cada uno tiene la libertad de ir más lejos. Las extensiones propuestas a lo largo del módulo, así como algunos ejemplos que siguen, ofrecen la posibilidad de profundizar una noción favoreciendo las relaciones interdisciplinarias, tratar otro aspecto relacionado con el tema, o bien poner en práctica lo adquirido.

• Ciencias y tecnología

- Durante la fabricación de un volcán, los alumnos pueden elegir la modelación de los dos tipos de erupciones volcánicas, preparando diferentes mezclas.
- Observar las muestras de rocas volcánicas (si es posible después de una salida a terreno) y asociarlas al tipo de actividad volcánica correspondiente.
- Realizar experimentos sobre las formas de protegerse de los volcanes:
 - Prever la llegada inminente de una erupción.
 - ¿Cómo desviar o frenar un flujo de lava?
- Realizar un experimento que permita visualizar una onda sísmica.
- Efectuar una simulación de evacuación en caso de un terremoto.
- Realizar una maqueta de una construcción parasísmica integrando los diferentes parámetros estudiados en el módulo pedagógico.
- Realizar una maqueta sobre los medios de protección contra los *tsunamis*, tales como los diques o los rompeolas.
- Estudiar cómo los seres vivos (animales y vegetales) pueden adaptarse a un medio hostil como los volcanes.

• Cultura humanista

- Visitar un museo (de artes y oficios, para la fabricación de sismógrafos; de volcanes; de historia de las civilizaciones y catástrofes naturales).
- Establecer una relación entre algunas grandes catástrofes naturales y los hitos históricos y/o geográficos.

• Referencias literarias

- Investigar mitos y leyendas sobre los volcanes, sismos y tsunamis.
- Los textos de literatura pueden enriquecer el tratamiento del tema: *El demonio de la ola*, de Christine Féret-Fleury y Geneviève Lecourtier, cuenta la historia de una aldea que cada noche de luna llena es arrasada por una gran ola que alojaría un demonio.
- La bibliografía menciona otras obras de literatura juvenil que tratan de los volcanes, los sismos y los *tsunamis*.

• Prácticas artísticas e historia de las artes

- Ilustrar una escena mostrando a Vulcano en un estado colérico, trabajando con colores cálidos y materiales para representar las actitudes de este dios de la mitología.

- Representar una erupción volcánica a través de una realización plástica (materiales diferentes, colores cálidos, o a la manera de Sara en su álbum *Volcán*).
- Ilustrar las diferentes escalas relativas a los sismos (MSK y Richter).
- **Matemáticas**
 - Una de las sesiones del módulo permite un trabajo específico en matemáticas, sobre el cálculo del promedio y la mediana. Esta sesión puede prolongarse por una o varias sesiones de matemáticas, durante las cuales el estudio de nuevos datos llevará a los alumnos a explorar más en detalle estas nociones de promedio y mediana.
- **Investigación documental**
 - La investigación documental forma parte integral del proceso de investigación. Es la ocasión de desarrollar las competencias lectoras, pero también las relacionadas con informática y con Internet.
- **Producción de textos**
 - Para dar cuenta de sus trabajos, los alumnos pueden realizar afiches (papelógrafos) para una exposición o producir un pequeño álbum que será leído en otras clases o en la casa.
- **Técnicas usuales de la información y de la comunicación**
 - Utilizar las herramientas numéricas (correo electrónico, videoconferencia) para establecer una correspondencia con una escuela localizada en una zona de riesgo volcánico o sísmico.
 - Realizar, a partir del experimento del origen del cono volcánico, una producción multimedia (video, diaporama) ilustrando la formación del edificio volcánico a partir de erupciones sucesivas (con chocolate, por ejemplo).
 - Producir un diaporama sobre las actividades realizadas en clase, para presentar el trabajo a otros cursos o a las familias.

Los 10 principios de La Mano en la masa

Si bien no existe un método universal de aprendizaje de las ciencias, es notable comprobar que todas las recientes operaciones de renovación de la enseñanza de las ciencias en el mundo se inscriben en un proceso común.

Este proceso considera la ciencia no como un conjunto de enunciados para memorizar, sino como una actividad durante la cual el alumno está en situación de investigación, y donde la comunicación (oral y escrita) es muy importante. El maestro tiene un rol esencial en esto, ayudando a los alumnos a construir por sí mismos sus propios conocimientos.

La Mano en la masa ha formulado 10 principios constitutivos de este proceso. Se encontrarán, en la documentación pedagógica de su sitio en Internet (www.lamap.fr), numerosos textos, testimonios y análisis que ilustran y aclaran estos diez principios.

Los 10 principios de *La mano en la masa*

- 1) Los niños observan un objeto o un fenómeno del mundo real, próximo y sensible, y experimentan con éste.
- 2) Durante sus investigaciones, los alumnos argumentan y razonan; ponen en común y conversan sus ideas y sus resultados; construyen sus conocimientos. Un trabajo puramente manual no es suficiente.
- 3) Las actividades propuestas a los alumnos por el maestro están organizadas en secuencias, en la perspectiva de la progresión de los aprendizajes. Corresponden a los programas y dejan un amplio margen a la autonomía de aquéllos.
- 4) Un mínimo de dos horas por semana están dedicadas a un mismo tema durante varias semanas. Una continuidad de las actividades y de los métodos pedagógicos está asegurada durante el conjunto de la escolaridad.
- 5) Los niños tienen, cada uno, su cuaderno de experimentos, escrito por ellos mismos y con sus propias palabras.
- 6) El mayor objetivo es una apropiación progresiva, por parte de los alumnos, de los conceptos científicos y de las técnicas operatorias, acompañada de una consolidación de la expresión oral y escrita.
- 7) Las familias y/o los habitantes del barrio son solicitados para el trabajo realizado en clase.
- 8) A nivel local, científicos colaboradores (universidades, grandes escuelas) acompañan el trabajo en la clase poniendo sus competencias a disposición.
- 9) Localmente, los IUFM (Instituto Universitario Francés de Maestros) ponen su experiencia pedagógica y didáctica al servicio de la enseñanza.
- 10) El profesor puede obtener en el sitio Internet <http://www.lamap.fr> módulos para practicar ideas de actividades y respuestas a sus preguntas. Pueden también participar en un trabajo colaborativo dialogando con sus colegas, formadores.

**MÓDULO PEDAGÓGICO:
Actividades de clase**

Varios recorridos son posibles

El proyecto *Cuando la Tierra ruge* es voluntariamente extenso, pero no ha sido pensado para ser realizado *in extenso*. Se trata más bien de un módulo a la carta, que se puede recorrer de varias maneras. A continuación se presentan tres proposiciones:

1. Estudio de uno o varios *riesgos naturales geológicos*

Este es un trabajo multidisciplinario que incluye una amplia variedad de ciencias, abocadas al estudio de los volcanes, sismos y *tsunamis*. La clase puede estudiar uno, dos o tres de estos fenómenos, según el tiempo que disponga para este proyecto. Los sismos y los *tsunamis* están muy relacionados entre sí y se siguen uno al otro, naturalmente (sería una lástima tratar uno y no el otro).

Aparte de la importancia que tiene esta temática en los programas, interesa lograr una comprensión de fenómenos sociales, ya que las catástrofes naturales son a menudo muy cubiertas por los medios de comunicación. Un discurso y un estudio no planificados pueden provocar ansiedad. El propósito de las secuencias 1, 2 y 3 es responder a esta necesidad de información.

2. Estudio de un riesgo natural local

No es este un trabajo de ciencias, sino más bien una actividad de instrucción cívica y geográfica, para lo cual aportamos un marco metodológico, que pueda ser adaptado al contexto local, en función del riesgo presente en la comuna (inundación, tormenta, incendio, avalancha). Importa ciertamente su anclaje en el territorio y en la vida cotidiana de los alumnos. Este es el objetivo de la secuencia 4.

3. *Un poco de los dos*

La manera más interesante de implicarse en este proyecto es, sin duda, mezclar un poco de las dos posibilidades expuestas anteriormente (estudio de uno de los riesgos entre *volcán*, *sismo* y *tsunami*, y estudio de otro riesgo más propio de la localidad).

Si no se puede dedicar el tiempo necesario a todas las sesiones, se puede seleccionar solo algunas de las lecciones. Por ejemplo, dedicar dos o tres sesiones (las primeras de la secuencia 4) al estudio de un riesgo local, para extraer nociones generales en torno a los riesgos mayores (peligros, sistemas afectables, riesgos, catástrofes), antes de seguir con el estudio de los volcanes, sismos y/o tsunamis. La elección puede a veces ser orientada por las noticias de

actualidad. Se puede también hacer lo mismo en el orden inverso: empezar con el estudio de un riesgo geológico y aplicar lo que se ha aprendido al estudio de un riesgo local.

Cuadro de síntesis de sesiones y secuencias

Secuencia 1: Volcanes	
Sesión	Dominio
1-1: La historia del dios Vulcano	Lenguaje
1-2: ¿Qué es una erupción volcánica?	Ciencias
1-3: Clasifiquemos los volcanes del mundo	Ciencias
1-4: El origen del cono volcánico	Ciencias
1-5: Forma del volcán y viscosidad del magma	Ciencias
1-6: El rol de los gases, construcción de una maqueta de un volcán	Ciencias
1-7: Anatomía de un volcán	Ciencias
1-8: ¿Dónde están localizados los volcanes?	Ciencias
1-9: ¿Cuándo se puede hablar de volcán extinto?	Matemáticas
1-10 Opcional: ¿Cuánto tiempo dura una erupción?	Matemáticas
1-11: ¿Cómo protegerse del riesgo volcánico?	Lenguaje
1-12: Revisión multimedia	Ciencias
Secuencia 2: Sismos	
Sesión	Dominio
2-1: ¿Qué es un sismo?	Ciencias
2-2: ¿Cómo medir la intensidad de un sismo?	Ciencias
2-3: ¿Cómo se propaga un temblor?	Ciencias
2-4: ¿Dónde se localizan los sismos?	Ciencias
2-5: ¿Cuál es el origen de un temblor?	Ciencias

2-6: ¿Cómo detectar un sismo? Fabriquemos un sismógrafo	Ciencias
2-7: Magnitud e intensidad, comparación de las escalas de Richter y MSK	Ciencias
2-8: ¿Se puede predecir un sismo?	Geografía
2-9: ¿Qué hacer en caso de un sismo?	Ciencias
2-10: ¿Cómo construir edificios resistentes? (1)	Ciencias
2-11: ¿Cómo construir edificios resistentes? (2)	Ciencias
Secuencia 3: Tsunamis	
Sesión	Dominio
3-1: ¿Qué es un <i>tsunami</i> ?	Geografía
3-2: ¿Cómo crear una ola?	Ciencias
3-3: Relación entre la velocidad de una ola y la profundidad del agua	Ciencias
3-4: Revisión multimedia	Ciencias
3-5: ¿Cómo protegerse?	Ciencias
Secuencia 4: Mi comuna frente a los riesgos	
Sesión	Dominio
4-1: ¿Qué es un riesgo mayor?	Ciencias
4-2: ¿Cuál es el riesgo que hay en mi comuna?	Geografía
4-3: Salida a terreno	Geografía
4-4: Visita a una estación de bomberos	Ciencias
4-5: Mi comunidad frente al riesgo (balance)	Geografía
4-6: Encuesta a los padres (elaboración de un cuestionario)	Lenguaje
4-7: Cómo percibimos el riesgo?	Ciencias
4-8: La memoria del riesgo	Geografía
4-9: Preparación de la devolución de la encuesta	Lenguaje

Plano conceptual del proyecto

Las ideas y secuencias de aprendizaje del módulo *Cuando la Tierra ruge* siguen una trayectoria progresiva, cuyo plano conceptual viene a continuación, expresado en el lenguaje del alumno.

Nota: la cuarta secuencia (*Mi comuna frente al riesgo*) no es de naturaleza científica; trata más bien de prevención e instrucción cívica. Por lo tanto, no representa un contexto conceptual propiamente tal. En su lugar, presentamos el conjunto de actividades sucesivas propuestas para esta secuencia.

Secuencia 1: Volcanes

Esta secuencia comienza con un poco de etimología, seguida de algunos estudios documentales (erupciones pasadas) para finalizar con una clasificación de los grandes tipos de volcanes (rojos y grises). Se desarrollan algunas sesiones experimentales destinadas a comprender cómo adquieren su forma los volcanes, cuál es el *motor* de una erupción y en qué se diferencian los volcanes rojos y grises (rol de la viscosidad de la lava, rol de los gases) hasta llegar a una maqueta funcional. El estudio de la localización de los volcanes permite relacionarlos con las placas tectónicas.

Dos sesiones (sobre el tiempo que duran las erupciones y el intervalo entre dos erupciones) permiten esbozar nociones básicas de la estadística. Por último, la secuencia finaliza esclareciendo las conductas a seguir para protegerse del riesgo volcánico.

Índice detallado:

Sesión 1 -1: La Historia del dios Vulcano

Sesión 1 - 2: ¿Qué es una erupción volcánica?

Sesión 1- 3: Clasifiquemos los volcanes del mundo

Sesión 1- 4: El origen del cono volcánico

Sesión 1- 5: Forma del volcán y viscosidad del magma

Sesión 1- 6: El rol de los gases: construcción de una maqueta de un volcán

Sesión 1- 8: ¿Dónde se localizan los volcanes?

Sesión 1- 9: ¿Cuándo se puede decir que un volcán está extinto?

Sesión 1- 10: ¿Cuánto tiempo dura una erupción?

Sesión 1- 11: ¿Cómo protegerse del riesgo volcánico?

Sesión 1- 12: Balance multimedia

Evaluación de la secuencia 1

Sesión 1-1: La historia del dios Vulcano

Tiempo	45 minutos
Material	Para cada alumno: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia de la ficha 1 (Anexo)
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que la palabra <i>volcán</i> viene del nombre del dios Vulcano.• Obtener las representaciones de los alumnos sobre los volcanes.
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Ubicar en un texto las informaciones explícitas.• Inferir las informaciones nuevas (implícitas).
Dominio	Lenguaje

Pregunta Inicial:

El profesor pregunta al colectivo de alumnos qué es la mitología, con el objetivo de encontrar una definición de ésta. Las respuestas esperadas son del tipo: *son historias, leyendas, donde se habla de los dioses*. Entonces puede guiar el profesor la búsqueda preguntándoles por ejemplo: *¿qué es una leyenda?, ¿cuándo fueron escritas estas historias?, ¿por qué las han escrito?*

Esta discusión conduce a una definición colectiva, que puede ser, por ejemplo: *La mitología agrupa las leyendas escritas por los griegos y los romanos en la Antigüedad. Ellos inventaron estas historias para explicar sus creencias y algunos fenómenos que no entendían.*

El profesor entrega a cada alumno una fotocopia de la ficha 1, que relata la historia del dios Vulcano. Después de una fase de lectura individual, durante la cual el maestro se ha asegurado de que el vocabulario no es un problema, los alumnos se dividen en pares y deben contestar a la pregunta siguiente: *¿En qué los hace pensar las cóleras de Vulcano? Identifiquen en el texto las palabras que los hace pensar en esto.*

Puesta en común

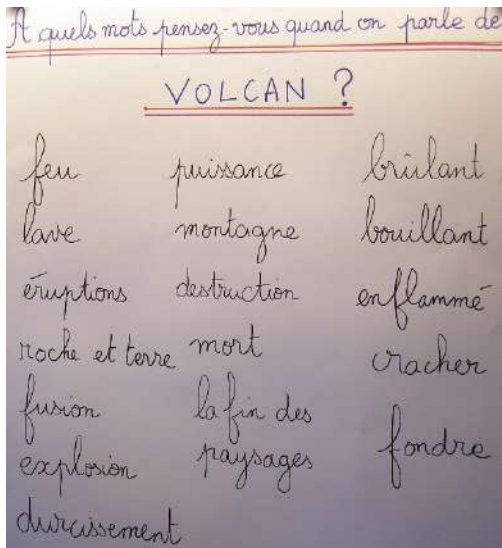
El profesor organiza una puesta en común durante la cual se evocan los volcanes. Pide luego a la clase explicar las diferencias entre lo que sabían los romanos y lo que se sabe hoy de los volcanes. En caso de dificultad, puede preguntarles en qué piensan cuando se habla de volcán.

No se trata de utilizar necesariamente las palabras empleadas en el texto de la ficha 1, sino de expresarse con espontaneidad.

Las respuestas se escriben en la pizarra (erupción, catástrofe, destrucción, lava, magma, montaña, dormido), teniendo cuidado de discutir cada palabra para identificar los diferentes sentidos posibles. Aquí se trata de recoger las definiciones de los alumnos, no de que la clase establezca una definición.

Los desacuerdos se anotan (por ejemplo, en un papelógrafo), y se resuelven más tarde. El profesor fomenta un trabajo oral en torno a las palabras de la misma familia que Vulcano (volcán, vulcanología).

Nota científica



Clase de CE2/CM1 de Kévin Faix (Le Kremlin-Bicêtre)

El término vulcanólogo alude a un científico que estudia los volcanes. No hay que confundir la volcanización con la vulcanización. En efecto, el segundo término se refiere a un procedimiento químico que consiste en inyectar azufre al interior de caucho, permitiendo así mejorar la elasticidad del material.

El escrito anterior puede entonces completarse con un texto del tipo siguiente: *Quando los romanos eran testigos de una erupción volcánica, tenían mucho miedo.*

Como no comprendían este fenómeno, lo atribuían a un dios: Vulcano. Hoy día los vulcanólogos estudian los volcanes y se sabe más sobre este fenómeno y no existe necesidad de recurrir a la cólera de los dioses para explicarlo.

Conclusión

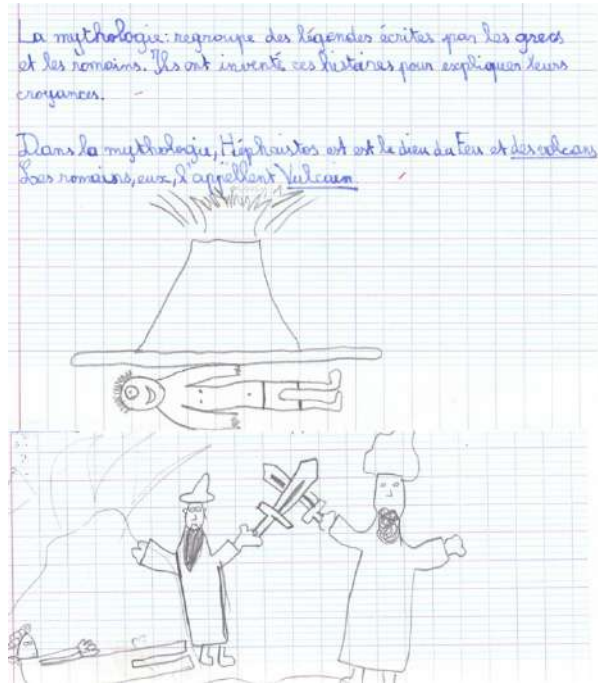
El profesor pide a la clase hacer el balance sobre las preguntas relativas al tema de los volcanes. Ejemplo: *¿Un volcán se puede despertar?, ¿se puede predecir una erupción?, ¿cómo se forma un volcán?, ¿hay volcanes bajo el agua?*

Estas preguntas se anotan en un papelógrafo colectivo, así como en una bitácora.

Extensión

Esta sesión puede continuar con un trabajo de artes plásticas. Por ejemplo, proponiendo a los alumnos ilustrar la historia de Vulcano, mediante proposiciones abiertas como: *representa el calor del volcán; representa la cólera del dios Vulcano* (trabajar con materiales, colores, expresiones).

Clase de CE2/CM1 de Magaly Collee y Anne Clémenson (Chambéry)



Sesión 1-2: ¿Qué es una erupción volcánica?

Tiempo	1 hora 15 minutos
Material	Para cada par de alumnos: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia, a elección, de la ficha 2 ó 3 (Anexo)
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que un volcán es un punto en la superficie del globo o bajo los océanos, del cual sale lava en el momento de la erupción.• Saber que existen dos categorías de erupciones volcánicas: las erupciones <i>efusivas</i>, tranquilas y relativamente poco peligrosas (volcanes <i>rojos</i>); y las erupciones <i>explosivas</i>, violentas y peligrosas (volcanes <i>grises</i>).
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Localizar en un texto las informaciones explícitas.• Inferir informaciones nuevas (implícitas).
Dominio	Ciencias
Vocabulario	Lava, volcán, bomba, ceniza, flujo piroclástico, cráter, explosivo, efusivo.

Pregunta Inicial

El profesor utiliza el papelógrafo realizado durante la sesión anterior y anuncia que a lo largo de las próximas sesiones la clase va a estudiar lo que es un volcán.

Investigación bibliográfica

Los alumnos repartidos en pares reciben, a elección, una fotocopia de la ficha 2 o de la ficha 3. Cada ficha describe dos erupciones *históricas*: una efusiva y la otra explosiva (ver más adelante el significado de estos términos); una en Chile y la otra en el extranjero.

Las erupciones estudiadas son:

- Ficha 2
 - Kilauea (Hawai): una erupción efusiva que continúa después de treinta años (o sea, ¡desde mucho antes del nacimiento de los alumnos!)
 - Monte Pelée (Martinica): una erupción explosiva, mortal, en 1902.
- Ficha 3

- Pitón de la Fournaise (Isla Reunión): una erupción efusiva ¡que ocurre casi todos los años!
- El Monte Santa Helena (E.E.U.U.): una erupción explosiva, devastadora, ocurrida en 1980.
- El Volcán Chaitén (Chile): una erupción luego de siglos sin actividad, ocurrida el 2 de mayo de 2008, produjo masivas evacuaciones de la población de la ciudad de Chaitén y alrededores.

Primero, se localizan colectivamente esos cuatro volcanes en el planisferio de la clase. Los alumnos deben, después, subrayar las palabras que describen la erupción de cada volcán. El vocabulario que presenta problemas se explica colectivamente (efusión, precursor, flujo piroclástico). En caso de dificultad, el maestro puede guiar a los alumnos mediante algunas preguntas. Por ejemplo: *¿Cómo empieza la erupción?, ¿qué sale del volcán?, ¿a qué velocidad fluye la lava?, ¿cuáles son las consecuencias de la erupción?*

Por último, el profesor da la siguiente indicación: *Cada uno de ustedes debe dibujar una de las dos erupciones presentadas en su ficha. Háganlo en la forma más precisa posible, porque se debe poder reconocer cuál es la erupción que ustedes han dibujado. Pueden volver al texto para encontrar las características de la erupción o del volcán. En su dibujo, coloquen una leyenda (glosario) con todas las palabras que han subrayado en el texto.*

Nota pedagógica

Esta indicación tiene por objetivo forzar a los alumnos a ser lo más precisos posible. En caso contrario, los alumnos dibujan lo que saben (o lo que creen saber) sobre los volcanes, sin ninguna relación con lo que está descrito en el texto, y todos los dibujos se parecen (aunque las erupciones descritas son muy distintas). Voluntariamente no se pone título al dibujo, porque se supone que es bastante preciso como para poder reconocer de qué erupción se



Clase de CM1 de Michel Fautrel (Livry-Gargan)

trata.

Puesta en común

Los dibujos se colocan en la pizarra, se agrupan de acuerdo al tipo de erupción. A fin de verificar la exactitud de los dibujos en relación con los textos, se empieza por volver a leer cada texto y escribir en la pizarra las características visibles de cada erupción (lo que se debe ver en cada dibujo).

Pitón de la Fournaise	Monte Santa Helena	Kilauea	Monte Pelée
• Fisuras en la cima	• Columnas eruptivas	• Fisuras	• Fumarolas y

y a baja altura • Fuentes de lava (chorros de lava) • Flujo de lava (lava líquida)	• Explosión de cenizas y de vapor • Nube de cenizas • Avalancha de rocas • Pendientes abruptas • Flujo piroclástico • Flujo de lava	• Lava muy líquida • Fuentes de lava • Lago de lava • Efusión continua de lava • Pendientes suaves	humo negro • Cenizas • Explosiones: proyección de bombas de rocas • Flujo piroclástico
--	--	--	---

Cuadro realizado en la clase de CM2, de Christine Blaisot (Le Mesnil-Esnard, Francia)

La clase evalúa cada dibujo teniendo en cuenta la forma del volcán, la presencia o la ausencia de lava líquida, ceniza y eyección de rocas, entre otros. Este análisis permite hacer reagrupaciones. Constatamos que se pueden definir dos grupos:

- Primer grupo: erupciones poco violentas, llamadas rojas o efusivas (esencialmente lava que fluye) que corresponden a Pitón de la Fournaise y Kilauea.
- Segundo grupo: erupciones violentas, llamadas grises o explosivas (principalmente proyectiles, cenizas, polvo, flujos piroclásticos) que corresponden al Monte Pelée y el Monte Santa Helena.

El cuadro puede completarse, entonces, con todos los elementos que habían sido ignorados debido a que no son visibles (por ejemplo, gases tóxicos y pequeños temblores).

Conclusión y registro escrito

La conclusión de la clase se trabaja colectivamente (bajo el dictado de los alumnos). Un ejemplo de conclusión es: *existen dos grandes categorías de erupciones volcánicas: las efusivas (volcanes rojos) y las explosivas, más peligrosas (volcanes grises).*

La conclusión se anota en el cuaderno de experimentos, tal como el cuadro realizado durante la puesta en común.

El profesor verificará que los diferentes términos utilizados por los alumnos, o presentes en las fichas documentales, estén definidos por ellos colectivamente. Algunos ejemplos de definición:

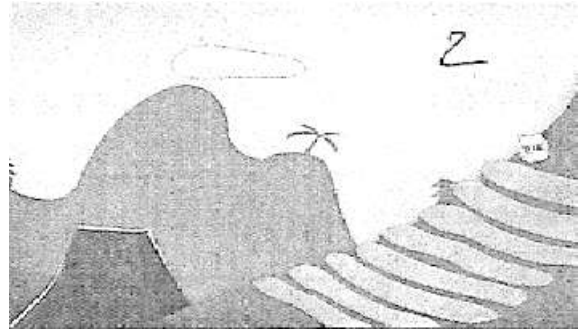
- Lava: roca fundida que sale a la superficie.
- Volcán: lugar (estructura, morfología) en la superficie de la Tierra (donde se producen erupciones) de donde sale magma, en forma de lava y/o piroclastos, durante una erupción (en este momento, no se busca conocer la estructura de un volcán, con el cono o cámara magmática).
- Bomba piroclástica: proyectil rocoso (magma enfriado) eyectado por la erupción de un volcán.
- Ceniza: partículas muy finas de roca volcánica.
- Columna eruptiva: mezcla de gases calientes, cenizas y rocas que se desplazan a gran velocidad.

- Cráter: orificio situado en la cima o en los flancos del volcán, por el cual salen la lava y los proyectiles.

Estas definiciones se anotan en el cuaderno de experimentos.

Extensión multimedia

La primera animación multimedia creada para este proyecto se titula *Vivir con el riesgo*. Se trata de una película de animación que cuenta la historia de catástrofes naturales pasadas y de los medios encontrados por el hombre para protegerse de ellas. Se accede desde el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).



Sesión 1-3: Clasifiquemos los volcanes del mundo

Tiempo	30 minutos
Material	Para cada alumno: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia de la ficha 4 (Anexo); en colores, si es posible Para la clase: <ul style="list-style-type: none">• Una versión ampliada o un video de esta ficha 4
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Volver a la clasificación de volcanes: rojos y grises.• Saber que un volcán tiene una forma casi cónica y que las laderas de este cono tienen pendientes bajas, en el caso de los volcanes rojos, y pendientes altas y escarpadas en el caso de los volcanes grises.
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Practicar una metodología de investigación: saber, observar, cuestionar.• Movilizar sus conocimientos en diferentes contextos científicos.
Dominio	Ciencias

Pregunta Inicial

Nota pedagógica

Esta sesión puede ser vista como una sesión de consolidación o de evaluación formativa: se retoma la clasificación establecida previamente y se aplica a volcanes que están o no están en erupción, a fin de verificar si es una materia bien dominada por los alumnos.

Además, esta sesión pone en evidencia la relación entre la forma de un volcán y el tipo de erupciones que tiene. Dicha relación será explicada más en detalle luego.

Pregunta inicial

La sesión empieza recordando la clasificación establecida con anterioridad. Hay dos tipos de erupciones: las efusivas y las explosivas; o dicho de otra manera, hay dos tipos de volcanes: los rojos y los grises.

Nota científica

- La clasificación de volcanes en dos tipos, rojos y grises, está extremadamente simplificada. Pero nos parece preferible para esta sesión y las siguientes, porque es fácilmente interpretable; particularmente a través de las actividades experimentales que la siguen. Una clasificación más fina en cinco tipos (hawaiano, estromboliano, vulcaniano, peleano y pliniano) se aborda en la animación multimedia *Los volcanes*, que hemos desarrollado en conjunto con *Universcience* para este proyecto. Se accede a ella en el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).
- Por otra parte, algunos volcanes pueden evolucionar y pasar progresivamente de tipo rojo a tipo gris. Eventualmente, es posible mencionar esto a los alumnos, a fin de matizar la clasificación elaborada, pero no debe ser objeto de un estudio científico.

El profesor pregunta a los alumnos: *Según ustedes ¿a qué se parece un volcán rojo y a que se parece un volcán gris?*

Se trata esta vez de describir, no la erupción, sino la forma del volcán *en reposo*. Esta discusión se da colectivamente. Los alumnos tienen pocas evidencias que les permita responder con precisión. Algunas pistas pueden encontrarse en la descripción de sus erupciones (ver sesión anterior): pendientes suaves o abruptas, montaña decapitada, etc.

Investigación bibliográfica

Los alumnos repartidos en pares reciben una fotocopia de la ficha 4 que muestra fotos de volcanes rojos o grises, en erupción o no.

A partir de estas fotos intentan reconstruir una clasificación. ¿Pueden reconocer los rojos y los grises?

Las dos fotos de volcanes en erupción son fácilmente reconocibles. Por un lado, una nube de cenizas y polvo –columna eruptiva–, y por otro lado, un flujo de lava. Se puede distinguir la forma de los volcanes, con pendiente inclinada el primero y pendiente suave el segundo, y luego extrapolar a las otras fotos.

Si no llegan a establecer esa relación espontáneamente, ¿pueden encontrar otro criterio de clasificación? Por ejemplo, pendiente inclinada y pendiente suave.

Puesta en común

Durante la puesta en común, diferentes grupos exponen su clasificación. Esta permite darse cuenta de que las características morfológicas de un volcán *traicionan* el tipo de sus erupciones. Un volcán rojo tendrá una forma cónica y una pendiente muy baja, mientras que un volcán gris tendrá una pendiente más fuerte y presentará la marca de sus explosiones (hundimiento).

A continuación, el *corregido*, con el nombre y tipo de cada volcán. Se destaca que un mismo volcán se presenta dos veces: una vez en erupción y otra vez en reposo (Mayon). Esta repetición permite asegurarse de que la erupción explosiva corresponde a una pendiente abrupta.



Notas pedagógicas

- Ampliaciones o una proyección de video de la ficha 4, en colores: facilita mucho la puesta en común.
- Las fotos del volcán pueden también compararse con los dibujos realizados por los alumnos en la sesión anterior.

Conclusión

Un volcán tiene una forma casi cónica. Esta forma depende del tipo de sus erupciones: para los volcanes *rojos*, el cono es muy extendido y la pendiente es baja; para los volcanes *grises*, el cono es menos extendido y la pendiente es abrupta, el cono se presenta también accidentado.

De este hecho, es posible plantear dos preguntas:

- ¿De dónde viene esta forma cónica?
- ¿Por qué algunos conos están más aplanados que otros?

Nota científica

La pendiente baja de un volcán rojo se debe a una lava muy fluida, que fluye muy fácilmente, mientras que la pendiente más fuerte de un volcán gris se debe a una lava más viscosa, que fluye menos fácilmente.

La viscosidad y su influencia en la forma de los volcanes, así como el origen de la forma cónica, serán estudiadas en las sesiones siguientes.

Sesión 1-4: El origen del cono volcánico

Tiempo	1 hora 30 minutos
Material	Para cada grupo: <ul style="list-style-type: none">• Una paja doblada o un tubo flexible• Un recipiente cilíndrico (pote de yogur, vaso plástico)• Un cartón• Sémola fina• Un clavo (para perforar el recipiente) Para cada alumno: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia de la ficha 5 (Anexo)
Objetivo	<ul style="list-style-type: none">• Comprender el origen del cono volcánico (acumulación del material emitido durante las erupciones).
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Manipulación y experimentación, formulación de una hipótesis y verificación, argumentación.• Expresión y tratamiento de los resultados de una investigación utilizando el vocabulario científico de manera escrita y oral.• Inferencia de informaciones nuevas (implícitas).
Dominio	Ciencias

Pregunta Inicial

El profesor vuelve a la pregunta mencionada al final de la sesión anterior: *Se ha visto que un volcán tiene una forma de cono más o menos aplanado ¿cómo se forma ese cono?*

Los alumnos trabajan individualmente y anotan sus ideas en sus cuadernos de experimentos.

Puesta en común

El profesor recoge las diferentes hipótesis de los alumnos. Por ejemplo:

- El volcán se ha formado a partir de una montaña preexistente o de un montículo de piedras llevadas por el viento.
- El cono volcánico resulta de una deformación del suelo por el efecto de un empuje ejercido hacia arriba (existe una confusión con la formación de una cadena de montañas).
- El cono volcánico se ha formado progresivamente por la acumulación y enfriamiento de materias eyectadas durante la erupción.

El profesor anima a los estudiantes a argumentar para justificar sus respuestas, y hace participar al resto de la clase preguntando: *¿es posible?, ¿qué crees tú?, ¿quién está de acuerdo?*

La tercera hipótesis es la correcta, como se muestra a continuación de la sesión.

Investigación bibliográfica

Cada alumno recibe una fotocopia de la ficha 5, que describe la formación del volcán Parícutín (1943, México). Este texto cuenta cómo un campesino vio nacer un volcán en sus tierras: en un comienzo, algunas fumarolas; luego, la eyección de piedras y cenizas. Este es uno de los pocos volcanes del mundo cuya formación se ha podido seguir en vivo.

Los alumnos leen el texto y buscan indicios que permiten responder a la pregunta planteada al principio de la sesión: *¿Cómo se forma el cono volcánico?*

Puesta en común

La historia de Parícutín demuestra que el cono volcánico se forma por la acumulación de piedras, lava y cenizas eyectadas por el volcán.

El profesor pide a los alumnos imaginar un experimento que permita verificar que los materiales eyectados forman un cono al caer.

Se entregan algunas pistas: se busca colectivamente un material que podría convenir. Es preciso que sea sólido, pero que también pueda fluir. Rápidamente los alumnos proponen arena, azúcar, sémola. Se acuerda usar sémola, ya que está disponible en la clase. En general, los alumnos proponen dos tipos de experimentos:

- En el primero, basta con soltar la sémola de cierta altura y observar la forma obtenida: es un cono.
- En el segundo, es preciso impulsar sémola desde abajo, para representar mejor lo que pasa en un verdadero volcán. Basta soplar con una paja para eyectar la sémola. A continuación, se describe este segundo experimento. El primero no está descrito, pero, por supuesto, se puede realizar en clases.
- En el caso de que los alumnos no tuvieran ideas, es suficiente con presentarles el material disponible y rápidamente se les propone el segundo experimento.

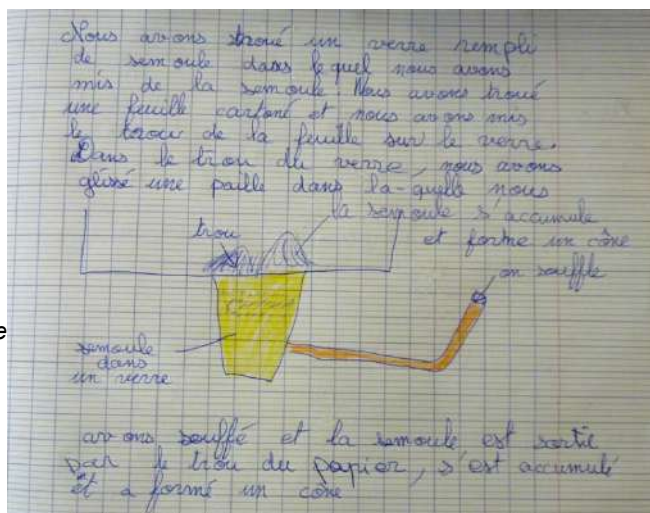
Modelación por grupo



Se perfora el recipiente a fin de introducir la pajilla. ¡Atención! es preciso perforar en la parte baja de un costado, pero no por debajo, si no la pajilla se tapa. Se realiza un agujero de un diámetro de 1 cm en el cartón que está colocado encima. El pote se llena de sémola a ras del borde, o casi. Soplando en la paja se hace salir la sémola por el agujero. Al caer en el cartón, la sémola forma un edificio cónico con un *cráter* al centro.



Clase de CM1-CM2 de Virginie Ligère (Antony)



Nota pedagógica

Un video de este experimento está disponible en el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).

El profesor verifica que los alumnos hagan bien la relación entre el modelo y la realidad, tal como está descrita en el documento (ficha 5, formación del Paricutín):

La sémola representa las cenizas, el polvo y las rocas eyectadas por el volcán; el recipiente representa la chimenea del volcán.

Conclusión

La historia del Volcán Parícutín y la modelización realizada por los alumnos muestran que un cono volcánico se forma por la acumulación de los materiales eyectados por el volcán. Esta conclusión se redacta colectivamente y se anota en el cuaderno de experimentos.

La modelización efectuada con la sémola permite plantear las siguientes preguntas: *en la naturaleza ¿cómo son eyectados estos materiales? ¿qué es lo que sopla?*

Por otra parte, la tipología de los volcanes evidenciada anteriormente plantea otra pregunta: *¿cómo explicar que algunos conos estén más extendidos que otros?*

Estas dos preguntas van a guiar las próximas sesiones, en las que se trata el rol de los gases disueltos en el magma y la viscosidad de éste. Las preguntas se escriben en un papelógrafo para poder referirse a esto más adelante.

Extensión

Para algunos alumnos, el hecho de utilizar sémola en el experimento puede ser un problema, pues ellos piensan en la lava líquida. Se puede entonces, proponer otro experimento, muy explícito y que agrada mucho: fabricar un volcán de chocolate.

La introducción a este experimento es muy simple: basta preguntar a los alumnos cuál material, que ellos conocen muy bien, es líquido cuando se calienta y se pone sólido al enfriarse. El chocolate es inmediatamente propuesto.

El experimento puede realizarse de manera colectiva, utilizando una bolsa plástica que se aprieta para hacer subir el chocolate por debajo, en vez de hacerlo fluir en la ladera por encima). Antes de realizar una colada (manto) de lava, es necesario dejar enfriar la colada anterior alrededor de una hora en el refrigerador. Es totalmente posible efectuar la manipulación dejando enfriar las coladas a temperatura ambiente; en este caso es suficiente realizarla en dos días.

Se puede variar la viscosidad del chocolate añadiéndole más o menos agua. Hay que contar con una barra de chocolate por lava.



Clase de CM1-CM2 de Virginie Ligère (Antony, Francia)

Este experimento permite no sólo modelar la formación de un volcán por superposición de coladas sucesivas, sino también aproximar la noción de viscosidad (ver sesión siguiente). Modela muy bien la solidificación de la lava. Por el contrario, no muestra el rol de los gases, contrariamente a la anterior (cuando se sopla con la paja). Este experimento con el chocolate puede entonces añadirse a la primera, pero no reemplazarla. En vez del chocolate, se puede también utilizar parafina (cera).

Sesión 1- 5: Forma del volcán y viscosidad del magma

Tiempo	1 hora 30 minutos
Material	<p>Para cada grupo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los siguientes líquidos: agua, champú, miel • Estos mismos líquidos mezclados con sémola • Otros líquidos eventualmente (ver el desarrollo de la sesión) • Una tabla de melamina, posiblemente perforada para algunos grupos <p>Para algunos grupos (ver el desarrollo de la sesión):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un cronómetro • Una jeringa gruesa
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender que la diferencia entre volcanes rojos y grises se explica por una diferencia en la viscosidad de la lava (los volcanes rojos emiten una lava menos viscosa que los volcanes grises). • Saber que existen líquidos más viscosos y otros menos viscosos (es decir, que fluyen más fácilmente o menos fácilmente).
Competencias	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulación y experimentación, formulación de una hipótesis y verificación, argumentación. • Expresión y tratamiento de los resultados de una investigación utilizando el vocabulario científico de manera escrita y oral.
Dominio	Ciencias
Vocabulario	Viscosidad

Pregunta Inicial

El profesor hace una revisión general: *Entendemos el origen de la forma cónica del volcán.* Entre las preguntas que se habían planteado está la que sigue: *¿por qué algunos conos son más inclinados que otros?*

Esta pregunta se plantea colectivamente y origina una conversación de toda la clase. Las ideas que surgen más a menudo son:

- A medida que el volcán emite una mayor cantidad de lava, su cono se hace más inclinado.
- A medida que la lava fluye a mayores distancias, el cono se vuelve más amplio (menos inclinado).

El profesor pide a los alumnos, colectivamente, que se imaginen uno o varios experimentos que permitan verificar estas hipótesis. En caso de dificultad, puede guiarlos de la siguiente manera:

- 1° hipótesis: inspirándose en la manipulación realizada en la sesión anterior, les muestra un cono formado con la sémola y les pregunta si el cono será más inclinado añadiendo más sémola. Les pregunta también cómo se puede medir el ángulo. Por ejemplo, se pueden utilizar los *sombreros chinos*. Este experimento, muy simple y rápida, puede realizarse colectivamente o por grupos.
- 2° hipótesis: les pregunta si conocen líquidos que fluyen muy fácilmente como el agua, por ejemplo, o más difícilmente como la miel. Les pide después reflexionar en un experimento que podría evidenciar el hecho de que algunos líquidos fluyen fácilmente y otros no. Algunas manipulaciones son posibles (ver más abajo).

Para la segunda hipótesis, el maestro les presenta varios líquidos de diferente viscosidad, tales como agua, champú y miel a los cuales se puede agregar *kétchup*, aceite, pintura, jarabe y leche condensada, así como algunos de estos mismos líquidos mezclados con la sémola; y les pide que los clasifiquen según la facilidad con que fluyen. Esta clasificación se anota en el cuaderno de experimentos y será confrontada con los resultados al final de la sesión.

Investigación experimental

Los alumnos se dividen en grupos pequeños. Cada equipo realiza un experimento que permita verificar una u otra de las hipótesis mencionadas.

La segunda hipótesis puede dar lugar a varios experimentos diferentes. Es posible realizarlas sucesivamente o en grupos

LAVES GROUPES	Miel liquide	Shampooing	Cérame hydratante	eau	Liquide toilette	Miel épais
1 angle = 45°	21,56	46,91	25,75	27,00	5,80	1m 30
2 angle = 45°	19,22	37,98	1m 30	47	3,562	1,30
3 angle = 30°	35,22	17,79	1m 30		2,02	plus 1m 30
4 angle = 30°	37,0					
5 angle = 30°	36,0					

distin Clase de CE2/CM de Magaly Collee y Anne Clémenson (Chambéry)

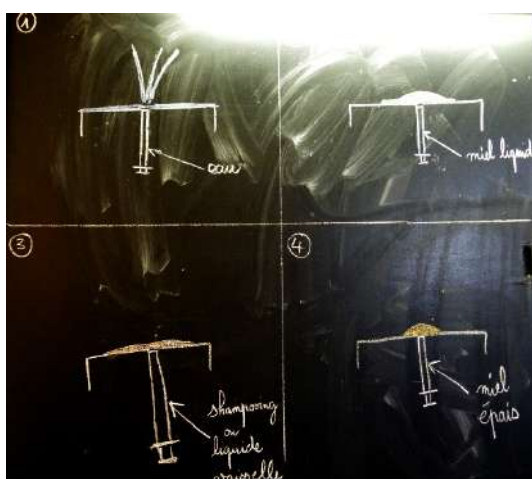
- En la tabla se vierte un poco de líquido desde lo alto de un plano ligeramente inclinado (30° por ejemplo) y se mide la distancia recorrida por el líquido en un tiempo dado (por ejemplo, 5

segundos). Este experimento no es siempre muy concluyente, porque algunos líquidos se extienden en la tabla, pero no fluyen verdaderamente. Sin embargo, es sistemáticamente propuesta por los alumnos y merece ser verificada.

- Otro experimento (que da mejores resultados): se vierte una cantidad fija de líquido en una superficie horizontal, se observa la expansión de este líquido en la superficie. ¿Cuál es el que se extiende más?



Clase de CE2/CM de Magaly Collee y Anne Clémenson (Chambéry)



Clase de CE2/CM de Kévin Faix (Le Kremlin-Bicêtre)

- En otro experimento, por último, se modela la formación de un volcán: se inyecta un líquido por la parte inferior de una superficie horizontal perforada. Es el equivalente de la manipulación de la sesión anterior, pero reemplazando la sémola por el líquido estudiado. El líquido es *empujado* hacia arriba con una jeringa. Dependiendo del líquido empleado, se va a formar un cono más o menos extendido. Este experimento es probablemente la que da

mejores resultados y tiene la ventaja de permitir una conclusión inmediata, gracias a la semejanza con un verdadero volcán.

Nota pedagógica

Como en todo experimento, es necesario variar solo un parámetro (la naturaleza del líquido); todos los otros permanecen iguales, en particular la cantidad de líquido vertido. Se ganará un tiempo considerable durante esta sesión si se han preparado con anterioridad pequeños *frascos* con una misma cantidad para los diferentes líquidos estudiados, y esto para cada grupo.

NOTA CIENTÍFICA

Es importante tener materiales de superficie no porosa (horizontal o plano inclinado), de modo que el líquido no penetre. El mismo material se debe usar con los diferentes líquidos (variación de un solo parámetro a la vez). Un buen material es una tabla de melamina (madera recubierta con una capa de plástico).

La pendiente del volcán depende de la cantidad de lava emitida. Por ejemplo, la alta tasa eruptiva de los volcanes escudos de Hawái, permite que las lavas recorran largas distancias antes de enfriarse y así formar este tipo de volcanes. En la Zona Volcánica Sur de los Andes, se emiten lavas de similares características (de composición *basáltica*, de baja viscosidad) que no forman volcanes escudos, debido, entre otras cosas, a la baja tasa eruptiva.

Puesta en Común

Cada grupo designa un relator que presenta su experimento ante la clase entera, así como los resultados obtenidos.

- El primer experimento (cono de sémola) muestra que el ángulo de un montículo no depende de la cantidad de granos. De la misma manera, no es la cantidad de lava la que explica la forma de los conos volcánicos.
- El experimento del plano inclinado muestra que ciertos líquidos se esparcen más lentamente que otros: decimos que son viscosos cuando fluyen lentamente. La miel es más viscosa que el champú, y este último más viscoso que el agua. Agregando sémola a la miel o el champú se aumenta aun más la viscosidad.
- El experimento del plano horizontal muestra que los líquidos más viscosos son los que se extienden menos. Hacemos notar que los líquidos poco esparcidos forman un edificio más alto que los que se extienden más.
- El experimento del plano horizontal y de la jeringa muestra que los líquidos más viscosos dan nacimiento a un cono con más pendiente.

El profesor se asegura de que la relación se haga con las pendientes de los volcanes: volcanes explosivos (grises) emiten una lava más viscosa que los volcanes efusivos (rojos).

Conclusión

La clase elabora colectivamente una conclusión en forma de síntesis, como por ejemplo: *Una lava se dice viscosa cuando fluye lentamente. Los volcanes rojos emiten una lava menos viscosa que los volcanes grises. Esta lava se esparce más fácilmente, lo que explica la forma más extendida de los volcanes rojos.*

Extensión

La extensión de la sesión anterior (fabricar un volcán con chocolate) puede servir aquí para el tema de la viscosidad. Basta pedir a los alumnos que digan si conocen un ingrediente que resulta ser más o menos viscoso en función de la temperatura. La temperatura es un parámetro que hemos ignorado en esta sesión por motivo de simplicidad, pero que es posible agregar sin problema. Eso hará la comparación con la lava más *natural*. El chocolate se propone inmediatamente. Se pueden realizar pequeños volcanes de chocolate de viscosidad distinta, variando la temperatura y la cantidad de agua.

Sesión 1-6: El rol de los gases:

Construcción de una maqueta de un volcán

<p>Tiempo</p>	<p>2 horas (2 sesiones de 1 hora)</p>
<p>Material</p>	<p>Para la clase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un vaso transparente • Vinagre blanco • Lavalozas • Bicarbonato de sodio <p>Para cada grupo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para fabricar el cono volcánico <ul style="list-style-type: none"> - A elección: tierra, papel maché o el material siguiente: <ul style="list-style-type: none"> ■ 1 kg de harina ■ 500 g de sal ■ Agua ■ 4 cucharadas de aceite vegetal ■ Colorante verde (o pintura al agua) • Para modelar la erupción <ul style="list-style-type: none"> ■ Agua ■ Colorante rojo (o pintura al agua) ■ 100 ml de vinagre ■ 50 gr de bicarbonato ■ 30 ml de lavalozas ■ Un bol ■ Una cuchara sopera ■ Una cuchara ■ Un vaso ■ Un soporte (plato grande, cartón, bandeja o plancha) ■ Una botella vacía de 25 cl ■ Un embudo
<p>Objetivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Saber que un volcán tiene una chimenea y una cámara magmática. • Comprender que la presión de los gases es el motor principal de una erupción volcánica. • Comprender que, a medida que se eleva la presión, la erupción se hace mas explosiva.

Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Manipular y experimentar; formular una hipótesis y comprobarla; argumentar.• Expresar y tratar los resultados de una investigación utilizando un vocabulario científico de manera escrita y oral.• Activar un conocimiento en contextos científicos.
Dominio	Ciencia
Vocabulario	Presión

Pregunta Inicial

El profesor vuelve a los trabajos anteriores: *Hemos demostrado que el cono volcánico se ha formado por acumulación de materiales expulsados durante la erupción. La viscosidad de la lava explica la inclinación más pronunciada o menos pronunciada del cono. Para hacer funcionar nuestro modelo, hemos soplado en una paja. Es entonces el aire soplado que empujó la sémola. Y en la realidad, ¿hay aire u otros gases emitidos por el volcán?*

La clase, colectivamente, vuelve a la descripción de las erupciones de la sesión 1-2 y comprueba que, en efecto, son emitidos gases y salen por el mismo lugar que la lava (cráter). Esto permite preguntarnos sobre el rol de los gases: *¿es posible que estos gases empujen la lava hacia el exterior?*

Con el fin de permitir una investigación experimental, nos interesamos en gases y líquidos más accesibles: *¿Conocen ustedes casos de gases que son mezclados con líquidos?*

Se habla de bebidas gaseosas. El profesor pregunta: *¿qué es lo que pasa cuando se sacude una botella de bebida gaseosa antes de abrirla? Pide aclaraciones: ¿Qué es lo que desborda?, ¿gas?, ¿líquido?, ¿ambos?*

Nota pedagógica

- Este experimento es trivial (todos los niños saben lo que va a pasar). Es posible entonces conformarse con dialogar, sin tener que realizarla.
- Para este trabajo, no tenemos necesidad de profundizar el concepto de disolución; tampoco el de presión: el conocimiento empírico de los niños es suficiente.

La discusión permite coincidir en que hay burbujas y que estas burbujas, una vez que se expanden en la mesa (o en la ropa), van a mojar esta mesa. Esto significa que el líquido ha sido eyectado: el gas es capaz de llevar el líquido hacia arriba.

El profesor comprueba que todos los alumnos hayan hecho el paralelo con el volcán: el gas es capaz de empujar la lava al exterior y es necesario mucho gas para hacer salir toneladas de lava.



Clase de CM /CM de Virginie Ligère (Antony)

Investigación experimental

El profesor explica que existe una manera de hacer muchas más burbujas, con vinagre y bicarbonato de sodio. Prepara un experimento con:

- Un vaso transparente con aproximadamente $\frac{1}{4}$ de vinagre.
- Una taza con una cucharada sopera de bicarbonato de sodio.

El experimento se realiza colectivamente (se trata más de una demostración que de un experimento). Cuando se vierte el bicarbonato de sodio en el vaso, los alumnos observan lo que pasa: fuerte desgasificación (se escucha la efervescencia) y formación de gruesas burbujas. Después de un primer ensayo, se pregunta a los alumnos por el tipo de erupción representada. Hablan de erupción efusiva y luego reflexionan sobre lo que permitiría hacerla explosiva: *se necesitaría más gas o más presión.*

El experimento se repite, agregando más bicarbonato y más vinagre.

Nota pedagógica

- Un video de este experimento está disponible en el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).
- Si se toma un pote de mostaza en vez de un vaso, se puede colocar una tapa y comprobar que la tapa salta hasta el techo (¡entusiasmo de los alumnos garantizado!).

Este experimento permite demostrar que para hacer salir un magma viscoso se necesita mucho gas y que esto lleva a erupciones más explosivas.

Cada alumno escribe lo realizado en su cuaderno de experimentos, así como la conclusión elaborada conjuntamente: *Es el gas contenido en el magma el que lo hace salir.*

Nota científica

El gas producido mediante esta reacción es el CO_2 , el mismo gas que contienen las bebidas gaseosas. Es también uno de los principales gases emitidos en las erupciones volcánicas.

El profesor pide luego a los alumnos utilizar lo que han aprendido para realizar una maqueta de un volcán. Los alumnos trabajan en grupos y dibujan su maqueta en su cuaderno de experimentos.

Fabricación de la maqueta del volcán

Las diferentes proposiciones se comparan en la pizarra. A continuación, un ejemplo de maqueta: la lava será producida como en el experimento anterior, pero al interior de una botella. Alrededor de esta botella se construye el cono volcánico, ya sea apilando tierra, papel maché o fabricando una especie de plasticina como se describe más abajo.

4. Fabricación de plasticina para el cono volcánico

Se mezclan en una ensaladera 1 kg de harina, 500 gr de sal, 4 cucharadas de aceite vegetal. En otro recipiente, se mezclan 30 cl de agua y un poco de colorante o de pintura de color, para obtener una tinta marrón verdoso. Se agrega después el agua coloreada a la mezcla anterior. Se mezcla todo con las manos hasta formar una masa no pegajosa. Si después de unos minutos la masa sigue muy pegajosa, es suficiente agregar un poco de harina.

Nota pedagógica

- El profesor que quiere ganar tiempo puede preparar la plasticina con anticipación. Si está preparada el día anterior, tendrá una buena flexibilidad al día siguiente (maleabilidad más cercana de la plasticina que de la pasta de sal).
- Si se realiza el cono con tierra en lugar de plasticina se puede mezclar un poco de yeso a esta tierra, y humidificarla para que resulte más sólida.

5. Fabricación del cono volcánico



Clase de CM1 de Michel Fautre (Livry-Gargan)

Se coloca la botella en un soporte que permitirá mover la maqueta. Se cubre la botella con la plasticina obtenida, de manera de formar un cono no muy inclinado. Según las necesidades, se puede aumentar la cantidad de plasticina necesaria o hacer primero un cono en papel y luego cubrirlo con ella. Sólo el cuello de la botella debe quedar afuera. La maqueta está lista y se debe dejar secar una noche antes de provocar la erupción.

Al día siguiente: estallido de la erupción

Se necesita primero preparar la lava. Sólo el vinagre se debe agregar al final.

Se mezclan 50 ml de agua tibia con 50 gr de bicarbonato de sodio. Se agregan algunas gotas de colorante rojo, así como 30 ml de *lavaloz* (detergente líquido lavavajilla), y se mezcla todo ligeramente (sin hacer espuma).



Con la ayuda del embudo se vierte esta mezcla en el volcán. Cuando está todo listo, se vierten 100 ml de vinagre dentro el volcán: ¡la erupción empieza!

Clase de CE2/ CM1 de Kévin Faix (Le Kremlin-Bicêtre)

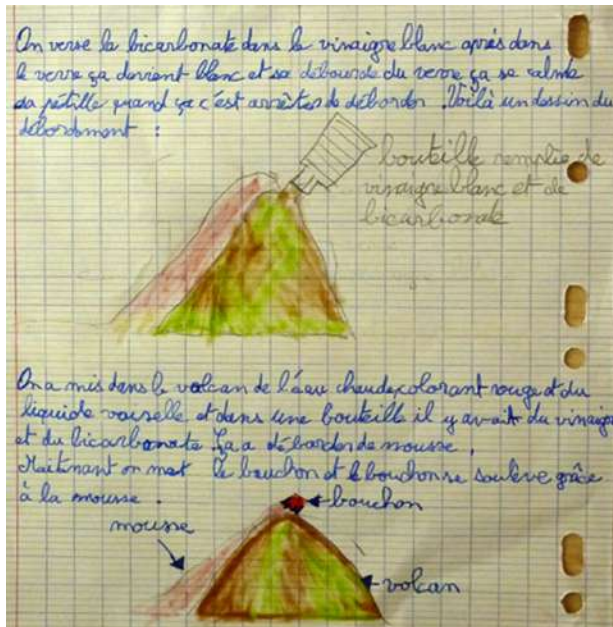
Nota pedagógica

- Se puede enriquecer esta sesión y comparar diferentes mezclas, modelando así erupciones efusivas, o bien explosivas. Para esto, se puede *jugar* con dos parámetros:
- La cantidad de lavaloz (30 ml, 60 ml, 90 ml): a medida que se aumenta la cantidad de lavaloz, la lava se hace más viscosa.
- La cantidad de bicarbonato de sodio (50 gr, 100 gr): a medida que se añade bicarbonato, la desgasificación se hace más significativa.
- Se puede también imaginar que uno de los volcanes está coronado con un corcho, que saltará por la presión de los gases (sobre todo si se ha puesto mucho bicarbonato). Con una *lava* muy fluida, no hay tiempo para colocar el corcho. Al contrario, se puede hacer lo mismo con una lava más viscosa (gran cantidad de lavaloz). En este caso hay una acumulación previa de presión que da un carácter explosivo a la erupción.

Registro escrito y conclusión

Los alumnos dibujan su maqueta en el cuaderno de experimentos, explicando el funcionamiento.

El profesor comprueba que los alumnos hagan bien la relación entre el modelo y la realidad. La discusión colectiva permite concluir que a mayor cantidad de gas, la erupción es más explosiva. Si se agrega la conclusión de la sesión anterior entonces se puede decir:



Una erupción es más explosiva cuando la lava es viscosa y contiene mucha cantidad de gases.

Esta conclusión se anota en el cuaderno de experimentos.

Nota pedagógica

Esta sesión es densa y larga. Si no se tiene el tiempo para elaborar el informe y la conclusión, no importa; se pueden realizar durante la siguiente sesión, que es más corta. Se

Clase de CM1-CM2 de Virginie Ligère (Antony)

comparará entonces el esquema de la maqueta que se ha realizado, con el esquema de un verdadero volcán.

Extensión

Si es posible, estudiar las muestras de diferentes rocas volcánicas. Comparar las escorias y basaltos llenos de cavidades (pequeñas burbujas contenidas al principio en el magma) y muestras más masivas (riolitas, obsidianas). La recolección de estas muestras puede ser objeto, por ejemplo, de una clase de descubrimiento en el Macizo Central.

Sesión 1-7: Anatomía de un volcán

Tiempo	45 minutos
Material	
Objetivo	<ul style="list-style-type: none">▪ Conocer la anatomía de un volcán: cono, chimenea, cámara magmática.
Competencias	<ul style="list-style-type: none">▪ Expresar y tratar los resultados de una medición o de una investigación usando el vocabulario científico de manera oral y escrita.
Dominio	Ciencias
Vocabulario	Magma, cámara magmática, chimenea

Esta sesión sirve de balance entre la estructura y la actividad de un volcán.

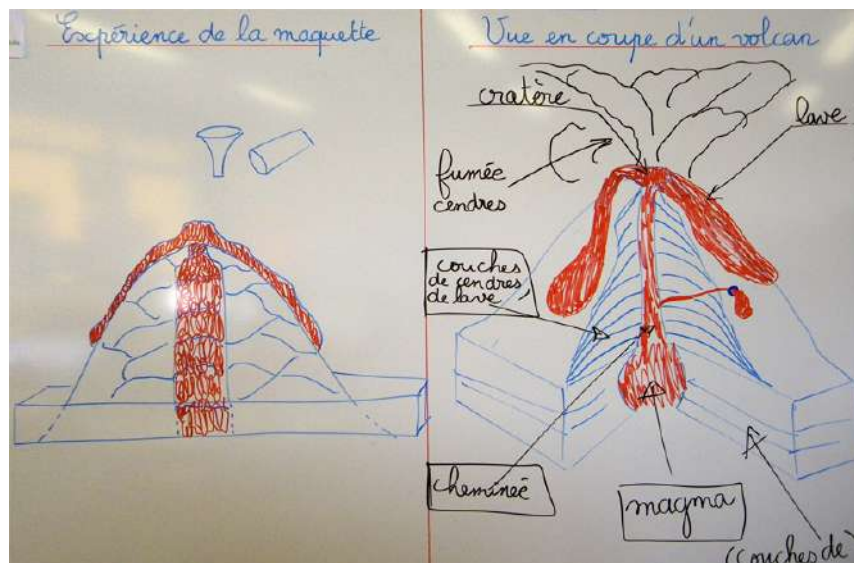
Pregunta Inicial

El profesor explica que la realización anterior de una maqueta tenía por objetivo reproducir una erupción. La clase no busca representar fielmente el interior del volcán.

Los alumnos, en forma individual, realizan un esquema de las secciones de la corteza del volcán, tal como ellos se la representan.

Puesta en común

El profesor reúne los diferentes esquemas en la pizarra y pide a los alumnos compararlos (puntos comunes y diferencias). Esta comparación permite poner en evidencia los elementos que deben estar presentes en un esquema del volcán (ver más adelante).



Clase de CE2/CM1¹ de Kévin Faix (Le Kremlin-Bicêtre)

Él reproduce en la pizarra el esquema de la maqueta de la sesión anterior y dibuja al lado la sección de un volcán, nombrando sus diferentes elementos: cono, cráter, chimenea, cámara magmática, magma, lava y cenizas.

Una vez terminado este esquema, la clase explica el desarrollo de una erupción. Para hacer este balance de recapitulación, el maestro guía a los alumnos con preguntas del siguiente tipo:

- ¿De dónde viene la lava?
- ¿Cómo sale?
- ¿Por dónde sale?
- ¿Qué sucede con la lava cuando sale?
- ¿Cómo se forma el cono volcánico?
- Etc.

¹ El sistema educacional francés tiene un sistema de ciclos con distintos niveles. El ciclo II (5 a 8 años) corresponde a los aprendizajes fundamentales y el ciclo III (8-11 años) a profundización. El ciclo III tiene 3 niveles: CE2, curso elemental de segundo año (8-9 años); CM1, curso medio de primer año (9-10 años) y CM2, curso medio de segundo año (10-11 años).

Sesión 1-8: ¿Dónde están localizados los volcanes?

Tiempo	1 hora
Material	A elección: <ul style="list-style-type: none">• Una sala de informática conectada a Internet (1 computador por pareja de alumnos)• O para toda la clase: un computador más un video proyector• O, si no hay equipo informático, para cada pareja de alumnos la fotocopia de las fichas 6, 7 y 8 (Anexo), y un mapa del mundo
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que la corteza terrestre está formada de placas en movimiento, unas respecto a otras, y que la mayor parte de los volcanes se encuentran en los límites de estas placas.• Saber que también hay algunos volcanes que no están situados en estos límites. Se les llama volcanes de <i>punto caliente</i>; son volcanes rojos.• Saber que existen volcanes submarinos (consecuencias del funcionamiento de las dorsales oceánicas).
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Expresar y tratar los resultados de una investigación utilizando el vocabulario científico de manera escrita y oral.• Conocer las principales características geográficas y físicas; localizarlas en mapas a distintas escalas.• Leer y utilizar mapas.
Dominio	Ciencias

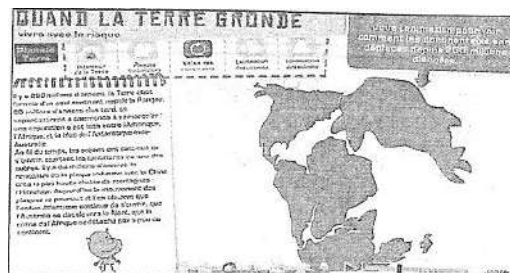
Notas pedagógicas previas

- Esta sesión se apoya en una animación multimedia, realizada por *La main à la pâte* y *Universcience*, que se puede descargar desde la sección *alumno* del sitio Internet del proyecto (ver al final del libro). Esta sesión es muy similar a la sesión 2-4 sobre la localización de sismos. Puede ser vista independientemente (o en parejas de alumnos por pantalla) o colectivamente, con la ayuda de un proyector de videos.

- Si los alumnos están delante de la pantalla, será necesario una supervisión directa, de lo contrario jugarían con el computador, no estarían atentos y no aprenderían.
- Si la sesión se conduce colectivamente, conviene animarla bien, pidiendo a los alumnos anticiparse a lo que va a suceder, con el fin de que no tengan una actitud pasiva: *¿según ustedes, qué va a suceder aquí?*
- Se propone una variante más abajo (como estudio documental) en el caso de que el uso del multimedia no sea posible. Las dos variantes no son exclusivas.

Puesta en común y desarrollo de la sesión

Antes de empezar la animación, el profesor pide a los alumnos señalar dónde se sitúan los volcanes y recoge sus respuestas. Los alumnos se reparten en pequeños grupos, idealmente en pares. Cada grupo tiene un computador, con la animación en la pantalla.



La animación interactiva se compone de varios elementos que permiten visualizar:

- Las capas internas a la Tierra.
- Las placas tectónicas (es posible, particularmente, seguir los desplazamientos desde Pangea).
- La localización de los sismos en la Tierra (esta parte se puede saltar porque será estudiada en la secuencia 2).
- La localización de los volcanes, que se puede comparar con el trazado de las placas tectónicas.

Puesta en común y conclusión

Después de haber utilizado la animación, los alumnos ponen en común lo que han aprendido:

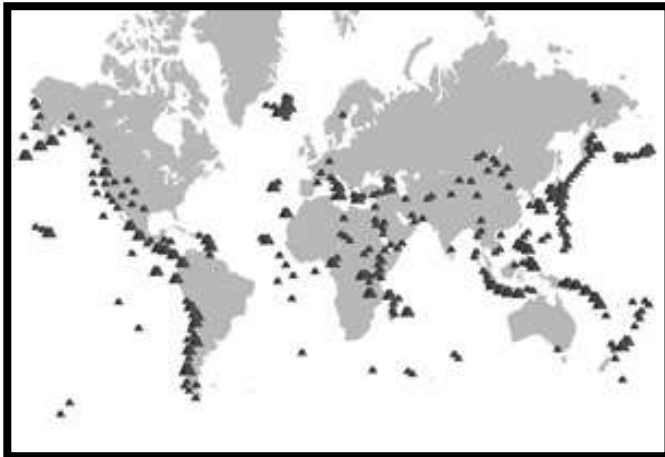
- La corteza terrestre está constituida por placas en movimiento, unas con respecto a otras.
- La mayor parte de los volcanes se encuentran en las fronteras de estas placas: estos son volcanes grises o rojos.
- Sin embargo, existen también volcanes que no están situados en estas líneas. Se les denomina volcanes de *punto caliente*: estos volcanes son rojos.

- Existen, además, volcanes submarinos (consecuencias del funcionamiento de las dorsales oceánicas).

Variante

Si esta animación multimedia no puede ser utilizada por falta de equipo, una sesión similar se puede realizar empleando mapas (fichas 6, 7 y 8, en Anexo), así como un mapa del mundo.

El estudio de la ficha 6 muestra que los volcanes se distribuyen de cualquier

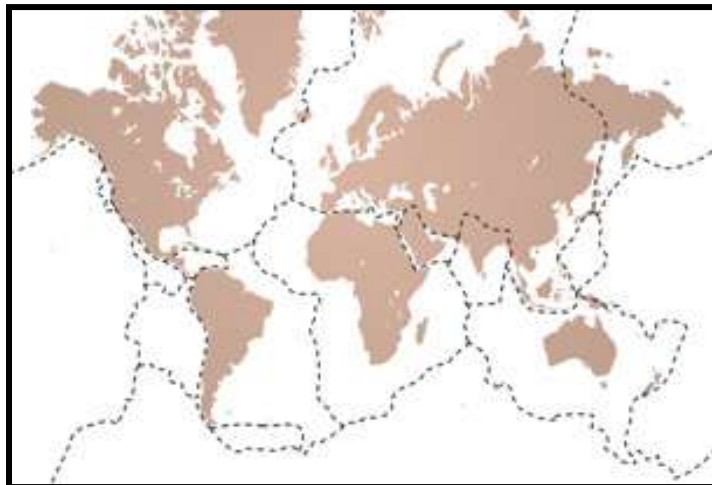


manera: la mayor parte se localizan sobre *líneas*. Al preguntar sobre el significado de estas líneas, se introduce el segundo mapa (ficha 7, que muestra las placas tectónicas), y se constata que estas líneas corresponden a los límites entre las placas tectónicas.

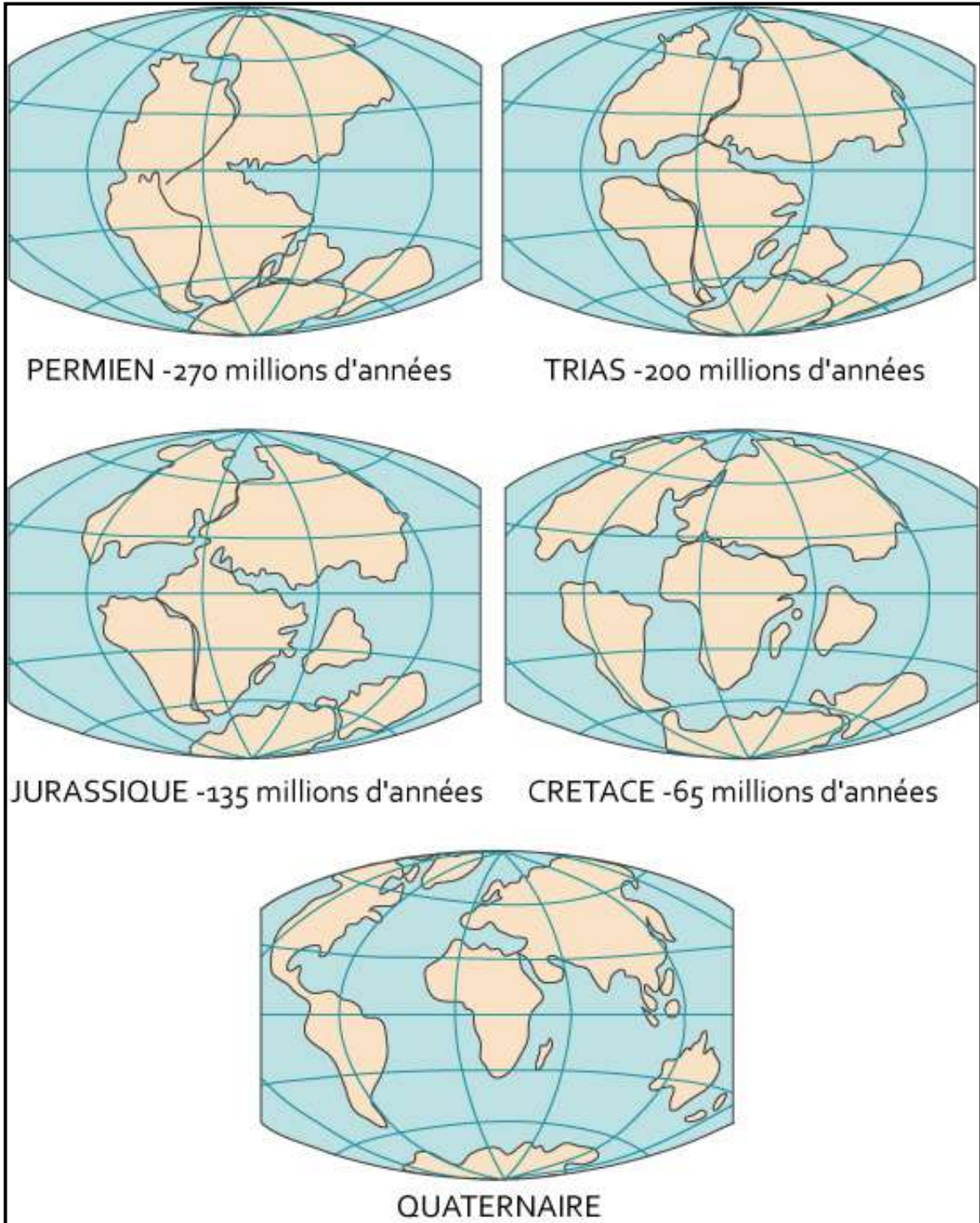
Se pide entonces a los alumnos calcar los contornos de América

del sur en un mapa mundial y luego colocar lo calcado en el planisferio, intentando juntar América del sur y África. Los alumnos notan que los dos continentes *encajan* y luego formulan hipótesis para explicar esta evidencia. Una explicación posible es que las placas se desplazan y que, en alguna época, los dos continentes formaron uno solo. El mismo trabajo se puede hacer con Arabia y África, para llegar a la misma constatación y a hipótesis idénticas.

El profesor introduce entonces la ficha 8, que explica la deriva de los continentes y pide a los alumnos ordenar diferentes etapas desde Pangea. Para facilitar esto se puede empezar por colorear los continentes (con el fin de mejorar el seguimiento).



La corrección se da a continuación (cuaternario = hoy día)



La sesión termina con una discusión colectiva, durante la cual el maestro explica la relación entre los movimientos de placas y el volcanismo.

Sesión 1-9: ¿Cuándo se puede hablar de volcán extinto?

Tiempo	1 hora
Material	Para cada pareja de alumnos: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia de la ficha 9 (Anexo)
Objetivo	Saber que un volcán puede estar en actividad o no. Más allá de 10.000 años sin erupción, se puede decir que un volcán está inactivo o extinto.
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Organización y gestión de datos:<ul style="list-style-type: none">- Leer, interpretar y construir algunas representaciones simples: cuadros y gráficos.- Saber organizar informaciones numéricas o geométricas, justificar y apreciar la verosimilitud de un resultado.
Dominio	Matemáticas

Pregunta Inicial

La clase, hasta ahora, se ha interrogado sobre los diferentes tipos de erupciones volcánicas, así como en la distribución de los volcanes. Varios tipos de preguntas son posibles:

- ¿Está un volcán siempre en erupción?
- ¿Cuánto tiempo hay entre dos erupciones?
- Se escucha a veces que algunos volcanes están extintos o dormidos: ¿qué quiere decir esto?
- ¿Pueden los volcanes de la Región Metropolitana entrar en erupción?

Los alumnos anotan en la pizarra sus respuestas. Algunos piensan que un volcán *extinto* puede de nuevo entrar en erupción; otros que un volcán extinto es un volcán que ha estado activo, pero que esta actividad se ha terminado definitivamente; otros piensan que todavía esto no se puede saber.

El tiempo que debe separar diferentes erupciones es objeto también de desacuerdos: un año, un siglo, mil años (esto depende de los volcanes).

Investigación bibliográfica

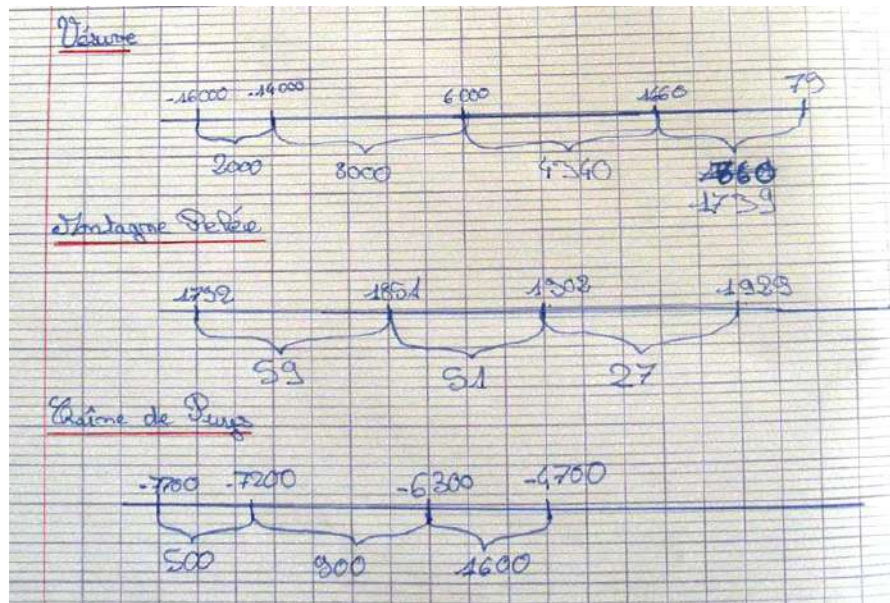
Los alumnos se reparten en parejas y reciben una fotocopia de la ficha 9. Este documento contiene los datos siguientes:

- Fechas de erupción del Vesubio, en Italia, antes de la Edad Antigua.
- Fechas de las últimas erupciones del Monte Pelée, en Martinica (ver Estudio documental de la sesión 1-2).
- Fechas de las últimas erupciones del Volcán Puyehue y Cordón del Caulle, Región de Los Ríos.

La exigencia formulada en el documento los guía paso a paso en el análisis de estos datos.

Nota pedagógica

- El cálculo de los intervalos de tiempo puede provocar problemas, en particular con respecto a algunas fechas *negativas*. Esta dificultad se resuelve con la ayuda de una línea cronológica que se puede entregar a los alumnos o se puede construir. Después de haber colocado las fechas en la línea de tiempo, se nota que para calcular el intervalo de tiempo entre el año -1660 y el año +79, es necesario primero calcular el intervalo de tiempo entre -1660 y 0 (1660 años), y entre 0 y 79 (79 años). El intervalo total es la suma de los dos: $1660 + 79 = 1.739$ años. Se procede de la misma manera para el intervalo entre -4700 y hoy día.
- Se puede también pedir a los alumnos calcular los valores aproximados, porque lo que nos interesa aquí son los órdenes de magnitud.
- Se puede también estudiar otros datos, como por ejemplo las fechas de erupciones del Etna entre la Edad Antigua y el siglo 17: 252, 812, 1329, 1536, 1610 y 1614. Esto que nos da los intervalos de 560, 517, 207, 74 y 4 años.



Clase de Cm1 de Michel Fautrel (Livry-Gargan)

Puesta en común

El profesor recoge los resultados obtenidos por los alumnos y se conversa sobre ellos con toda la clase. La primera pregunta muestra que el intervalo que separa dos erupciones sucesivas del Vesubio puede ser de hasta 8.000 años, lo que significa que aunque un volcán no haya tenido una erupción durante siglos o milenios, puede entrar de nuevo en erupción.

La segunda pregunta muestra que el Monte Pelée no ha tenido erupción desde hace un poco más de 80 años: es casi seguro que entrará de nuevo en erupción (ver resultado anterior). Es por esto, que es objeto de una intensa vigilancia.

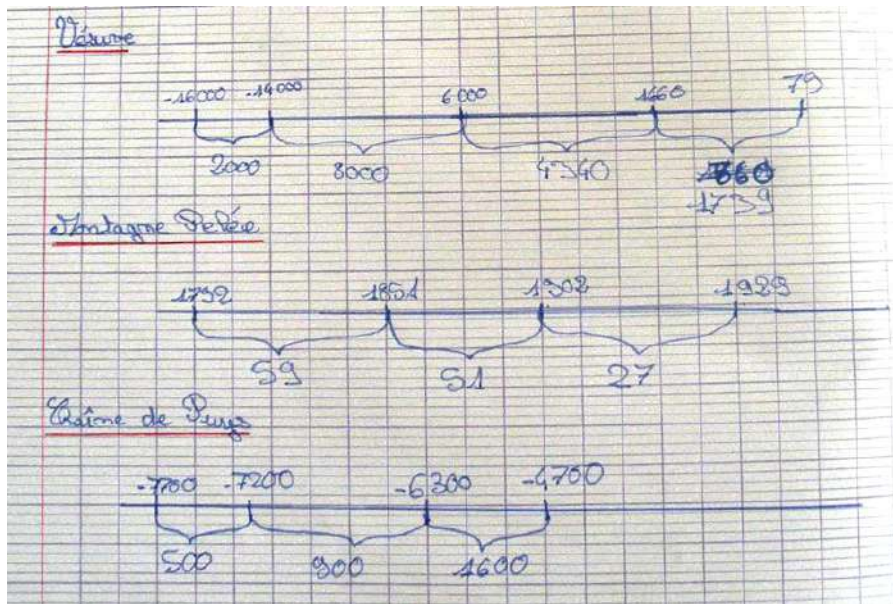
El maestro explica entonces que para los vulcanólogos un volcán es considerado extinto (es decir, no entrará más en erupción) si su última erupción data de más de 10.000 años. Este criterio es arbitrario (¡se hubiera podido elegir 50.000 o 200.000 años!), pero es práctico, porque es compatible con lo que se sabe de las erupciones pasadas. Sería muy raro que dos erupciones sucesivas de un volcán hubiesen sucedido en un espacio de tiempo superior a 10.000 años.

En oposición, se dice que es *activo* un volcán que no está extinto. Puede entonces estar en erupción o *dormido*, es decir, entre dos erupciones.

El maestro pide a los alumnos determinar si los volcanes de Puyehue-Cordón del Caulle pueden ser considerados extintos o no. La respuesta es que están dormidos, lo que quiere decir que podrían, tal vez, despertar.

Nota científica

Nosotros hemos escogido estudiar no un volcán particular de los Andes, sino una cadena (Volcán Puyehue-Cordón del Caulle). La razón es que en esta región, se encuentran a menudo casos de volcanes *mono eruptivos*



(monogenéticos), que conocen una sola erupción. Pero la región permanece activa.

Conclusión y registro escrito

La clase redacta una conclusión que puede ser:

Un volcán es considerado extinto si no ha tenido una erupción desde hace más de 10.000 años. De lo contrario, se dice que está en sueño, lo que quiere decir que puede despertar.

Extensión

Es posible prolongar esta sesión mediante una investigación escrita: *¿Cuáles son los volcanes presentes en Chile? ¿Están extintos (como aquellos de la Región Metropolitana: volcanes San José, Tupungato y Tupungatito) o activos (como la cadena Puyehue-Cordón del Caulle)?*

Sesión 1-10: ¿Cuánto tiempo dura una erupción?

Tiempo	1 hora
Material	Para cada pareja de alumnos: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia de la ficha 10 (Anexo)
Objetivo	Saber que una erupción puede durar algunas horas o varios años.
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Organización y gestión de datos:<ul style="list-style-type: none">- Leer, interpretar y construir algunas representaciones simples: cuadros, gráficos.- Saber organizar informaciones numéricas o geométricas, justificar y apreciar la verosimilitud de los resultados.
Dominio	Matemáticas
Vocabulario	Variabilidad, promedio

Notas pedagógicas

Esta sesión está dirigida más bien a los alumnos de CM2, incluso de colegio, y se quiere una iniciación muy básica, al *modo de pensamiento estadístico en la mirada científica sobre el mundo*.

Esta mirada, indisociable del proceso experimental, ayuda al análisis y a la síntesis de los datos de observación.

Muy a menudo, tanto niños como adultos, tienen el mismo reflejo cuando están confrontados a un gran número de datos que deben *sintetizar*: calculan un valor promedio. Este promedio es en general, muy pertinente, pero no siempre. En particular, cuando se está enfrentado a datos muy *dispersos*, el promedio no quiere decir mucho. Es el caso aquí: el promedio de duración de las erupciones volcánicas no tiene mucho sentido.

El objetivo de esta sesión es darse cuenta de eso y encontrar una manera alternativa para responder la pregunta: *¿Cuánto tiempo dura una erupción volcánica?* Se verá que una forma pertinente de responder (distinta a *esto depende*) es: *la mitad de las erupciones duran menos de x días*. Esta noción, en estadística, se llama *mediana*. Nos acercamos a esta noción sin nombrarla ni calcularla. Afortunadamente existe un medio muy simple de definirla y ¡sin calcular!

Pregunta inicial

El profesor pregunta a los alumnos cuánto dura una erupción volcánica y los invita a volver a leer los documentos estudiados en la sesión 1-2 (ficha 2 y 3). Ahí se encuentran erupciones de duraciones variadas: 9 horas, 26 días, 2 meses y 29 años. Este último tiempo, de 29 años de duración, es solamente indicativo, pues la erupción todavía no termina.

Investigación bibliográfica

Los alumnos se reparten en parejas y reciben una fotocopia de la ficha 10, que enumera diferentes erupciones de diferentes volcanes. Además, para algunos volcanes enumera erupciones diferentes para ver la variabilidad entre ellos, y también, para un mismo volcán, la variabilidad entre las erupciones.

La indicación parece muy simple *¿cuánto tiempo dura una erupción?* Sin embargo, no lo es. El interés de esta pregunta reside, sobre todo, en el hecho de que los alumnos deben buscar cómo responder. Hay varias estrategias posibles:

- Esto depende de los volcanes.
- Esto depende de los volcanes y de las erupciones.
- La duración promedio de una erupción es de... (cálculo de la media).
- Una erupción puede durar entre ... y.... días.
- Etc.

Puesta en común

El profesor anota en la pizarra las respuestas de los alumnos. Algunos han pensado tal vez en calcular la media: en este caso, el profesor pregunta por qué hay que hacer este cálculo y qué significa. Invita a los alumnos a calcular la duración promedio de una erupción, para lo cual se necesita primero dejar todas las duraciones en una misma unidad. Por ejemplo, en días. Esta conversión puede hacerse colectivamente para ganar tiempo.

El cálculo da una duración media de 493 días.

El profesor pregunta entonces: *¿Cuántas erupciones tienen una duración próxima a este valor promedio?* Respuesta: *una sola..., todas las otras están muy lejanas a ese valor* (un factor 2, 10, 100 o más).

Nota científica

- El cálculo de un valor promedio es muy sensible a los valores extremos. La duración de la erupción del Kilauea (29 años, o sea, alrededor de 10.585 días) sube completamente hacia arriba el promedio de los 25 datos.
- Se nota también que un valor extremo influye más en el promedio cuando hay pocos datos. De manera general, es siempre preferible precisar con cuantos datos se ha calculado el promedio.
- Cuando el promedio no es un valor alrededor del cual se agruparon numerosos datos de la serie, este promedio no es un indicativo pertinente para describir la serie. Es preferible calcular otra magnitud, como la mediana, por ejemplo. Este es el objetivo de la actividad que sigue.
- La media, como la mediana, no dan cuenta de la amplitud de la variabilidad de los datos de que se dispone. Es conveniente, pues, acompañar la media como la mediana de un indicador que dé cuenta de la variabilidad: hay numerosas elecciones que se pueden hacer para hablar de una serie de números, pero es importante dar, a la vez, una medida de la *tendencia central* (mediana o media, por ejemplo) y un indicador de variabilidad. La manera más simple de hablar de variabilidad consiste en dar el menor y el mayor valor observados y su diferencia (llamada *amplitud de la serie*).

El profesor debe comprobar que los alumnos tengan conciencia de la poca *utilidad* que posee aquí el valor promedio. Les pregunta entonces cómo se puede contestar la pregunta.

Si ningún alumno contesta: *se podría decir que la mitad de las erupciones duran menos de x días*. El maestro introduce esta idea. Puede decir, por ejemplo: *¿se podrían repartir las erupciones en dos grupos equitativos?*

Investigación: Determinación de la mediana

Para saber cuál es la duración que separa las erupciones en dos categorías (la mitad de las erupciones son más cortas y la otra mitad son erupciones más largas) es necesario primero clasificar las erupciones por orden de duración: de la más corta a la más larga. El valor de la mediana es el que se encuentra al medio del cuadro: 17 días.

Puesta en común

El maestro, después de recoger los resultados obtenidos por los alumnos, conversa con ellos el sentido de este valor: significa que la mitad de las erupciones estudiadas son más largas que 17 días, y la otra mitad son más cortas. Esta información, pese a ser imprecisa, tiene sin embargo más sentido que el promedio para este tipo de datos.

Notas pedagógicas

- A menudo la duración de una erupción volcánica varía de algunas horas a algunos días.
- No se busca aquí definir matemáticamente la mediana (lo que está fuera del programa), sino simplemente acercarse intuitivamente a esta noción.
- Es preferible no intentar la representación de estos datos en un gráfico, puesto que esto supondría escalas logarítmicas (a menos que se agrupen todos los datos en un lado del gráfico, para un solo punto en el otro extremo), debido a la gran dispersión de las duraciones. Una tal forma de representación es difícil de interpretar por los alumnos del tercer ciclo (niños de 8 a 11 años). Un cuadro es, además, suficiente.

Conclusión

La conclusión de esta sesión es doble:

- Cuando se tienen muchos datos, no siempre se puede responder mediante una cifra única. A veces la media es una indicación buena, otras veces no lo es.
- La duración de una erupción volcánica es muy variable. Una erupción puede durar algunas horas, algunos días, algunos meses o, incluso, varios años.

Extensión

Esta sesión se puede ampliar con una exploración más sistemática de las nociones de media y de mediana, a través del estudio de diferentes datos. En cualquier caso, hay que tener la mayor cantidad de datos posible; al menos, varias decenas):

- Cuando la media y la mediana debieran ser sensiblemente idénticas:
 - Medir la distancia recorrida por varios alumnos al dar diez pasos de marcha natural.

- Pedir a los alumnos cortar *al ojo* un pedazo de hilo de 20 cm después de haber observado una regla de 20 cm, y luego medir las longitudes obtenidas.
- Cuando la media y la mediana debieran ser diferentes:
 - Medir el tiempo tomado por los alumnos para completar una casilla de *sudoku*.
 - Medir los tiempos de espera de una micro o de una línea del metro, por ejemplo.

Sesión 1-11: ¿Cómo protegerse del riesgo volcánico?

Tiempo	1 hora
Material	Documentos (no suministrados; investigación en libros), o conexión a Internet.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que es posible prevenir las erupciones volcánicas y preparar a las distintas poblaciones.• Saber que en caso de erupción, es necesario evacuar las zonas de riesgo.
Competencias	Efectuar solo investigaciones en literatura especializada (libros, productos multimedia).
Dominio	Lenguaje

Nota pedagógica

Para ganar tiempo es preferible que el profesor pida prestados a la biblioteca varios libros, revistas o DVD.

Pregunta Inicial

El profesor vuelve a todo lo que se ha visto anteriormente y, en particular, a las consecuencias de las erupciones volcánicas para las poblaciones.

Pregunta a los alumnos cómo protegerse de estos riesgos. La conversación colectiva que sigue permite establecer tres ejes muy diferentes:

- ¿Se pueden prevenir las erupciones?
- ¿Se puede impedir, contener, canalizar las erupciones?
- Si tiene lugar una erupción, ¿cómo protegerse?

Algunos ejemplos de respuestas de los alumnos: *hay que evitar vivir cerca de los volcanes; es necesario preparar a la población; es necesario instalar sirenas; es necesario construir barreras para contener la lava.*

El profesor les pregunta cómo es posible verificar la corrección de estas proposiciones, y la clase se pone de acuerdo en la necesidad de buscar respuestas en los documentos.

Investigación bibliográfica

La clase se divide en varios grupos. Cada grupo se propone el objetivo de explorar las diferentes líneas de respuestas en una investigación documental: libros, Internet, videos, etc.

Durante este trabajo en torno a la previsión de las erupciones se buscará información sobre los observatorios volcánicos: *¿quién trabaja ahí?, ¿qué observan?, ¿dónde están estos observatorios?*

Es posible prevenir las erupciones volcánicas y entonces preparar a la población y evacuarla, si es necesario. Los científicos se relevan cada 24 horas en los observatorios volcánicos y registran las vibraciones del suelo (una erupción está a veces precedida de pequeños remezones sísmicos); la tasa y la temperatura de las fumarolas (las que pueden cambiar antes de una erupción); la geometría del volcán (las paredes se hinchan, de algunos milímetros a algunos centímetros, antes de una erupción); y la desgasificación, entre otras mediciones.

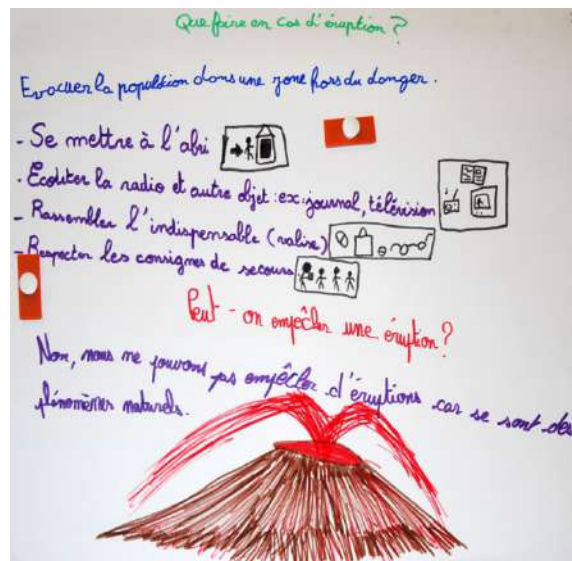
A veces es posible desviar los flujos (por diques o bombardeos), frenarlas (regándolas) y así facilitar las evacuaciones de las poblaciones frente a un riesgo volcánico. Por ejemplo, se encuentran muy buenos ejemplos de algunos pueblos alrededor del Etna.

El tercer eje concierne a los planes de protección civil (protección de las poblaciones frente al riesgo volcánico). Numerosos ejemplos de PPMS (*Plan Particulier de Mise en Sûreté* = Plan Particular de Puesta en Seguridad) en escuelas de regiones sísmicas, están disponibles en línea en el sitio Internet www.planseisme.fr. Por ejemplo, el de las escuelas de las Antillas francesas: <http://www.planseisme.fr/Guadeloupe-PPMS-et-guide-d-elaboration-de-PCS.html>

Por último, uno de los aspectos esenciales de la protección es la información a las poblaciones, que deben saber cuándo evacuar, a dónde ir, cuándo regresar, etc.

Puesta en común y conclusión

Los resultados de las diferentes investigaciones bibliográficas se ponen en común y se sintetizan bajo la forma de uno o varios papelógrafos.



Clase de CE2/CM1 de Magaly Colee y Anne Clémenson (Chambéry)

El profesor verifica que los mensajes clave estén bien asimilados: *Es posible prever las erupciones volcánicas y preparar a las poblaciones. En caso de erupción, es necesario evacuar la zona en riesgo.*

Esto puede ser una conclusión que se anota en el cuaderno de experimentos.

Extensión experimental

Esta sesión puede extenderse y enriquecerse mediante un experimento que es muy simple de realizar, y permite constatar que es posible prevenir la llegada inminente de una erupción volcánica.

- Insertar una paja en un globo hinchable y cubrir el globo con un montículo de arena.
- Soplar en la paja para enviar aire al globo y luego dejar que el aire salga. Cuando el balón se infla el montículo de arena se deforma y aparecen fisuras en la superficie.

Este experimento ilustra el hecho de que el magma, subiendo y llenando la cámara magmática, deforma ligeramente las paredes del volcán. Esta deformación es medible y puede servir para anticipar una erupción.

Extensión: producción escrita

Este trabajo sobre los volcanes puede ser exhibido para otras clases o las familias, de diferentes maneras:

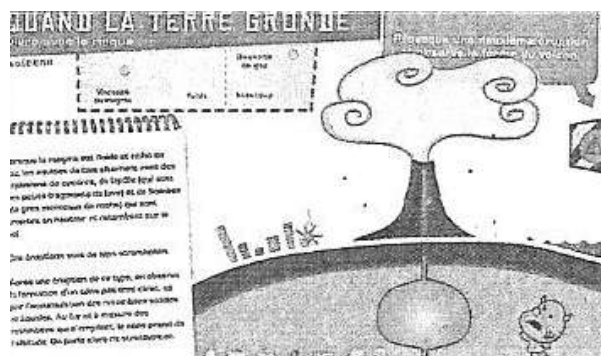
- Preparación de un diaporama sobre los volcanes que será mostrado y comentado en otras clases.
- Redacción de un artículo en el diario de la escuela. Se pueden abordar, además de los fenómenos científicos y los aspectos preventivos, algunos temas más recreativos, como por ejemplo recetas de cocina (¿cómo hacer un volcán de chocolate?).
- Organización de un *foro del volcán*, bajo la forma de talleres experimentales, en los cuales los alumnos de la clase guían a otros alumnos o a los padres (jornada *puertas abiertas*), en la comprensión de algunos conceptos estudiados anteriormente.

Sesión 1-12: Revisión multimedia

Tiempo	45 minutos
Material	Sala informática
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Comprender cómo la variación de algunos parámetros (viscosidad de la lava, presión de los gases) permite generar erupciones volcánicas más o menos efusivas o explosivas.• Conocer algunos ejemplos de volcanes a través del mundo.
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Leer un documento numérico.• Expresar y tratar los resultados de una investigación, utilizando vocabulario científico de manera oral y escrita.
Dominio	Ciencias

Pregunta Inicial

Esta sesión se apoya en una animación multimedia, creada por *La main à la pâte* y *Universcience*, que puede descargarse de la sección *alumno* del sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).



Lugar y desarrollo de la sesión

Los alumnos se distribuyen en grupos pequeños, idealmente pares. Cada grupo tiene un computador a su disposición. La animación interactiva se desarrolla en varias fases:

- En un primer tiempo, los alumnos pueden variar dos parámetros (viscosidad de la lava y cantidad de gas disuelto) y ver a qué tipo de volcán corresponde.
- Luego, pueden activar y seguir la erupción de este volcán, y visualizar los daños ocasionados.

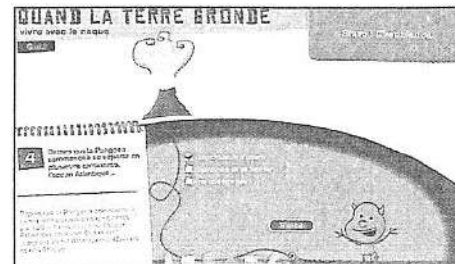
En cada etapa, se dan informaciones con respecto a la peligrosidad de este tipo de volcán, las actitudes preventivas y las conductas a seguir en caso de erupción.

Puesta en común y Conclusión

Después de haber utilizado la animación, la clase vuelve sobre lo que ya se ha visto a lo largo de esta secuencia y confecciona un papelógrafo sintetizando los tipos de volcanes, sus formas, sus localizaciones, sus erupciones y los medios de protección. La redacción de este papelógrafo permite igualmente volver sobre lo realizado desde la primera sesión (lo que se sabe, lo que se cree saber, todas las palabras que pensamos cuando hablamos de volcanes) y de este modo hacer un balance final bajo la forma: *¿qué hemos aprendido?*, *¿quedan preguntas en suspenso?*

Extensión Multimedia

La última animación creada por este proyecto es una prueba, donde algunas preguntas abordan las erupciones volcánicas. Se accede por medio del sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).



Evaluación de la Secuencia 1

Tiempo	1 hora
Material	Para cada alumno, una fotocopia de las fichas 11 a 16 (Anexo)
Objetivo	Evaluar los conocimientos y competencias adquiridos durante la secuencia 1

Proponemos evaluar algunos conocimientos y competencias relacionados con el proceso de investigación a partir de un cuestionario y de los documentos que hacen referencia a una erupción del Pitón de la Fournaise y del Monte Pelée.

Las competencias evaluadas son las siguientes:

- **Cultura científica y tecnológica**
 - Practicar un proceso científico y tecnológico.
 - Practicar un proceso de investigación: saber observar, cuestionar.
 - Manipular y experimentar, formular una hipótesis y comprobarla, argumentar, ensayar varias posibles soluciones.
 - Expresar y aprovechar los resultados de una medición y de una investigación usando un vocabulario científico en forma escrita y oral.
- **Dominio de conocimientos en diversos ámbitos de la ciencia y utilización en contextos científicos diferentes y en actividades de la vida diaria.**
 - El cielo y la Tierra: volcanes y sismos, los riesgos para las sociedades humanas
 - Dominar el idioma.
 - LEER: localizar en un texto informaciones explícitas.
 - LEER: inferir informaciones nuevas (implícitas).
 - ESCRIBIR: responder a una pregunta con una frase escrita, completa.
- **Cultura humanista**
 - Leer y practicar diferentes idiomas.
 - Leer y utilizar textos, mapas, gráficos, croquis.

El protocolo de la evaluación está compuesto de seis fichas bibliográficas (fichas 11 a 16, en Anexo). Los alumnos disponen de una hora para responder individualmente las preguntas planteadas.

Etapa 1

Descubrimiento, lectura y comprensión de los documentos

Pregunta 1	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
LEER	Localizar en un texto las informaciones explícitas	1

Tiempo estimado: 8 minutos

Decir a los alumnos:

Primero, ustedes van a leer solos, atentamente, el texto seleccionado. Los invito a contestar, luego, la primera pregunta planteada. Para esto, deben completar el cuadro precisando para cada uno de los volcanes: los materiales emitidos durante la erupción, así como las consecuencias de la erupción.

Corrección y codificación: código 1, Ítem 1

Nombre del volcán	Pitón de la Fournaise	Monte Pelée
Materiales emitidos por el volcán (lavas, cenizas, polvo, gas)	Lava muy fluida	Fumarolas, nubes de ceniza (columnas eruptivas), bloques de lava, cenizas, flujos piroclásticos
Consecuencias de la erupción	Los alumnos se refieren a la destrucción de bienes y a la evacuación de las personas (y a la ampliación de la isla).	Los alumnos se refieren a la destrucción de bienes y a las pérdidas humanas. Formación de un domo de lava.

Etapa 2

Pregunta 2	Conocimiento o competencia a evaluar	Ítem
Dominar conocimientos en diversos ámbitos de la ciencia y aplicarlos en contextos científicos y en actividades de la vida diaria.	El cielo y la Tierra: volcanes y sismos, los riesgos para las sociedades humanas.	2

Tiempo estimado: 1 minuto

Decir a los alumnos:

Se proponen cuatro fases. Para cada una de ellas marquen con una cruz la casilla que corresponde.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 2:

El Pitón de la Fournaise es un volcán rojo:

- La erupción del Pitón de la Fournaise es efusiva.
- El Monte Pelée es un volcán gris.
- La erupción del Monte Pelée es explosiva.

Etapa 3

Preguntas 3 y 4	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítems
LEER	Inferir informaciones nuevas (implícitas)	3 y 4

Tiempo estimado: 4 minutos

Decir a los alumnos:

Aquí hay dos esquemas. Después de observarlos, completen las frases de la columna derecha con la ayuda de los nombres de los volcanes citados en los

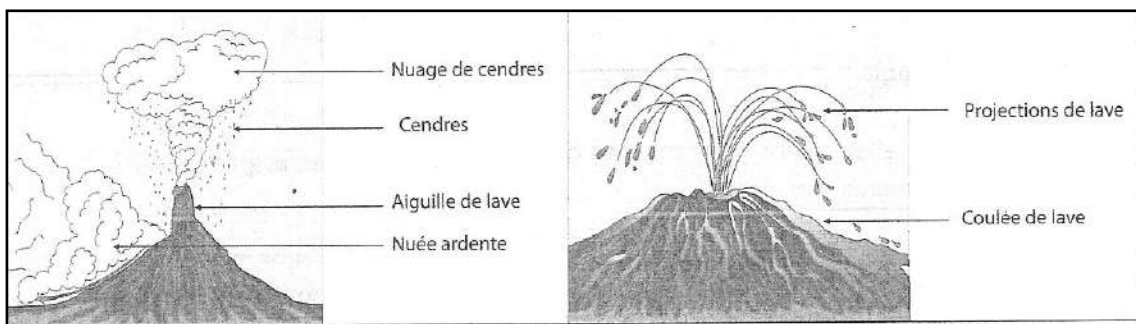
textos 1 y 2: el Pitón de la Fournaise y el Monte Pelée. Completen luego las leyendas de estos dos esquemas ayudándose de las informaciones contenidas en los documentos.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 3: El esquema 1 representa el Monte Pelée y el esquema 2 representa el Pitón de la Fournaise.

Ítem 4:



Etapa 4

Preguntas 5 y 6	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Dominar los conocimientos en diversos campos de la ciencia y aplicarlos en contextos científicos diferentes y actividades de la vida diaria	El cielo y la Tierra: volcanes y sismos, los riesgos para las sociedades humanas	5 y 7
ESCRIBIR	Responder una pregunta con una frase completa de forma escrita	6 y 8

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos:

Ustedes deben contestar ahora las preguntas 5 y 6. Para esto, redacten una frase.

Corrección y codificación

Código: 1

Ítem 5: El magma está compuesto de roca fundida y de gas.

Ítem 7: Es la presión de los gases la que hace que el magma emerja durante una erupción.

Ítem 6 y 8: Redacción de una frase correcta.

Etapa 5

Pregunta 7	Conocimiento o competencias a evaluar	Ítem
Practicar un procedimiento científico o tecnológico	Manipular y experimentar	9

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos:

Una clase que trabaja en relación con los volcanes decide realizar los dos experimentos presentados a continuación para entender lo que pasa durante una erupción volcánica. En el experimento 1, el ketchup se coloca en un tubo en forma de U. Se vierte agua en la parte izquierda del tubo, luego se agrega un comprimido efervescente antes de cerrar la parte izquierda con un corcho. El mismo dispositivo se reproduce en el experimento 2, pero se reemplaza el ketchup por puré de papas. Con el fin de establecer la relación entre este experimento y una verdadera erupción volcánica, ustedes deben precisar lo que representa el comprimido efervescente, el ketchup y el puré.

Nota pedagógica

Asegurarse de que todos los alumnos sepan lo que es un comprimido efervescente.

Corrección y codificación

Código: 1

Ítem 9: - Comprimido efervescente = gas contenido en el magma

- Kétchup / puré = magma

Etapa 6

Pregunta	Conocimiento o competencias a evaluar	Ítems
Practicar un proceso científico o tecnológico	Manipular, experimentar	10
ESCRIBIR	Responder a una pregunta escribiendo una frase completa	11

Tiempo estimado: 1 minuto 30

Decir a los alumnos:

Redactar una frase para decir lo que quieren verificar los alumnos de esta clase usando kétchup en el experimento 1 y puré en el experimento 2.

Corrección y codificación

Código: 1

Ítem 10: Los alumnos se refieren a la viscosidad del magma

Ítem 11: Redacción de una frase correcta

Etapa 7

Pregunta 9	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
LEER	Inferir informaciones nuevas (implícitas)	12

Tiempo estimado: 2 minutos

Decir a los alumnos:

Según ustedes –ayudándose de las diferentes informaciones descubiertas respecto a cada uno de los volcanes–, ¿cuál experimento representa el Monte Pelée y cuál representa el Pitón de la Fournaise?

Corrección y codificación

Código: 1

Ítem: 12: - Erupción del Monte Pelée: experimento 2

- Erupción del Pitón de la Fournaise: experimento 1

Etapa 8

Pregunta 10	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítems
Practicar un camino científico o tecnológico	Formular una hipótesis y verificarla	13
ESCRIBIR	Responder a una pregunta mediante una frase escrita completa	16

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos:

¿Qué le pasará al ketchup y al puré cuando el comprimido efervescente comience a hacer efecto? Escriban lo que ustedes piensan, su hipótesis.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 13: Para el primer punto, la proposición del alumno se refiere al ketchup y, para el segundo punto, al puré.

Ítem 14: Redacción de una frase correcta.

Etapa 9

Pregunta	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítems
Practicar un camino científico o tecnológico	Saber observar	15
ESCRIBIR	Responder a una pregunta mediante una frase escrita completa	16

Tiempo estimado: 2 minutos

Decir a los alumnos:

Aquí están los resultados del experimento obtenidos por la clase al cabo de algunos segundos. Redacten una frase expresando lo que ustedes observen con respecto al ketchup y al puré.

Corrección y codificación

Código: 1

Ítem: 15: Si el alumno se refiere al ketchup y al puré, y si se constata una evolución en los dos experimentos.

Ítem 16: Redacción de una frase correcta.

Etapa 10

Pregunta 12	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar un camino científico o tecnológico	Expresar y tratar los resultados de una medición y de una investigación utilizando un vocabulario científico de manera escrita y oral	17
ESCRIBIR	Responder a una pregunta con una frase escrita completa	18

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos:

A la pregunta 10, ustedes respondieron formulando una hipótesis, es decir, lo que ustedes pensaban que iba a pasar durante el experimento cuyo desarrollo seguimos. Lo que ustedes han observado en relación con la pregunta 11, ¿confirma su hipótesis?

No se les pide responder solo sí o no, sino además precisar, a través de algunas palabras, porqué lo que ustedes observaron en la pregunta 11 corresponde o no a su hipótesis con respecto al ketchup y al puré.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 17: Si hay confrontación entre los resultados del experimento (pregunta 11) y las hipótesis propuestas (pregunta 10).

Ítem 18. Redacción de una frase completa.

Etapa 11

Pregunta 13	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar un proceso científico o tecnológico	Expresar y tratar los resultados de un experimento	19

Tiempo estimado: 2 minutos

El profesor lee las indicaciones y aborda las preguntas una tras otra dejando a los alumnos un tiempo, entre cada pregunta, para contestar. Hace leer a un alumno la pregunta y las propuestas.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem19: Si el alumno responde correctamente a las tres propuestas:

- a) Verdadero
- b) Falso
- c) Verdadero

Etapa 12

Pregunta	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Leer y practicar varios lenguajes	Leer y usar textos, mapas, croquis, gráficos	20

Tiempo estimado: 4 minutos

Decir a los alumnos:

Aquí tenemos un mapa de distribución de los volcanes en el mundo. Localicen en la carta los dos volcanes citados en los textos: el Pitón de la Fournaise y el Monte Pelée. A partir de las informaciones que han descubierto respecto a estos dos volcanes, completen la leyenda del mapa indicando si los puntos y cuadrados representando los volcanes corresponden a un volcanismo efusivo o a un volcanismo explosivo.

El profesor se preocupa de que todos los alumnos hayan localizado los dos volcanes. Puede luego pedir a un alumno que precise con qué símbolo está representado el Pitón de la Fournaise (punto). Luego hace lo mismo para el Monte Pelée (cuadrado).

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 20: - volcanismo efusivo: punto.
 - volcanismo explosivo: cuadrado.

Etapa 13

Pregunta	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítems
Dominar los conocimientos necesarios en diversos dominios de la ciencia y aplicarlos a variados contextos científicos y en actividades de la vida cotidiana	El cielo y la Tierra: los volcanes y sismos, los riesgos para las sociedades humanas	21

ESCRIBIR	Responder a una pregunta mediante una frase escrita completa	22
----------	--	----

Tiempo estimado: 1 minuto 30 segundos

Decir a los alumnos:

¿Dónde están ubicados la mayoría de los volcanes de nuestro planeta? Respondan redactando una frase.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 21: La mayor parte de los volcanes están situados en las fronteras de las placas tectónicas.

Ítem 22: Redacción de una frase correcta.

Etapa 14

Pregunta	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Dominar conocimientos necesarios en diversos dominios de la ciencia y aplicarlos a variados contextos científico y en las actividades de la vida cotidiana	El cielo y la Tierra: volcanes y sismos, los riesgos para las sociedades humanas	23

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos

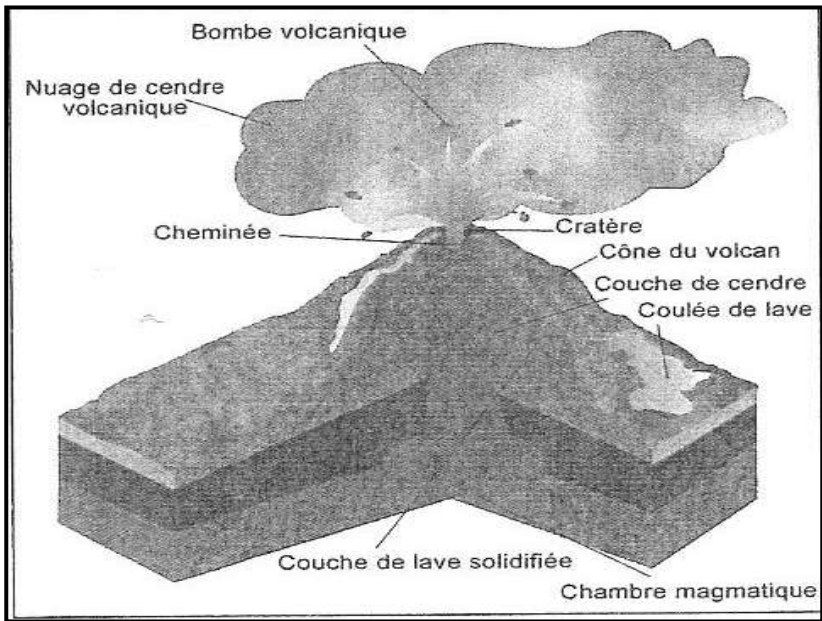
Aquí ven el esquema de un volcán. Completen la leyenda con las palabras propuestas:

Bomba volcánica, nube de cenizas (columna eruptiva), chimenea, cráter, capa de cenizas, río de lava, capa de lava solidificada.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 23:



Etapa 15

Preguntas 17 y 18	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Dominar conocimientos necesarios en diversos dominios de la ciencia y aplicarlos a variados contextos científicos y en actividades de la vida cotidiana	El cielo y la tierra: volcanes y sismos, los riesgos para las sociedades humanas	24 y 26
ESCRIBIR	Responder a una pregunta con una frase escrita completa	25

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos:

Lean solos las preguntas 17 y 18 y respóndanlas. Redacten una frase para responder la pregunta 17.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 24: La respuesta puede hacer referencia a: la fertilidad del suelo, turismo, termas, fuente de calor para las casas, yacimiento de metales, materiales para la construcción, abundancia de peces en las aguas próximas a las zonas volcánicas, actividades deportivas.

Ítem 25: Redacción de una frase correcta.

Ítem 26: Deben escuchar la radio para conocer las instrucciones a seguir y deben preparar un maletín que contenga lo necesario (documento de identidad, agua potable, radio a pilas).

Secuencia 2: Sismos

Esta secuencia comienza con algunos estudios documentales que permiten definir lo que es un sismo. A partir de los daños constatados, se introduce una escala (la escala MSK, que mide la intensidad, es decir la amplitud local de los daños), luego se estudia (con documentos y experimentaciones) la propagación en círculos concéntricos de las ondas sísmicas. La localización de los terremotos o temblores permite evidenciar las placas tectónicas y, de allí, llegar a la causa del fenómeno. Las actividades experimentales permiten estudiar cómo se genera el sismo y cómo se puede detectar. La escala de Richter se introduce con el fin de medir la energía producida por el sismo (la magnitud).

Por último, después de recordar cuáles son las conductas adecuadas frente a un terremoto o temblor, la clase termina esta secuencia verificando diferentes aspectos de las construcciones para-sísmicas.

Índice detallado:

Sesión 2-1: ¿Qué es un sismo?

Sesión 2-2: ¿Cómo medir la intensidad de un sismo?

Sesión 2-3: ¿Cómo se propaga un remezón?

Sesión 2-4: ¿Dónde se localizan los sismos?

Sesión 2-5: ¿Cuál es el origen del remezón?

Sesión 2-6: ¿Cómo detectar un sismo? Fabricamos un sismógrafo

Sesión 2-7: Magnitud e intensidad de un sismo Escala de Richter y MSK

Sesión 2-8: ¿Se pueden prevenir los sismos?

Sesión 2-9: ¿Qué hacer en caso de un sismo?

Sesión 2-10: ¿Cómo construir edificios resistentes? (1)

Sesión 2-11: ¿Cómo construir edificios resistentes? (2)

Sesión 2-1: ¿Qué es un sismo?

Tiempo	1 hora
Material	Para cada pareja de alumnos: <ul style="list-style-type: none">• A elección: una fotocopia de la ficha 17 (Anexo) o de la ficha 18 (Anexo)
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que un sismo es un temblor o terremoto que se manifiesta por remezones que pueden provocar hundimientos y movimientos del terreno.• Saber que la duración de un sismo varía de algunos segundos a algunos minutos.• Saber que un sismo puede causar numerosos daños y producir numerosas víctimas.• Saber que un sismo puede, a veces, provocar <i>tsunamis</i>.
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Investigar en un texto informaciones explícitas• Inferir informaciones nuevas• Practicar un proceso de investigación: cuestionar
Dominio	Ciencias
Vocabulario	Sismo, temblor y terremoto, <i>tsunami</i>

Pregunta Inicial

El profesor pregunta a los alumnos acerca de lo que saben sobre los sismos (comenzando por el uso del vocabulario: temblor, terremoto, sismo, etc.).

En este nivel no se busca definir precisamente estos términos; solamente, mostrar lo que saben los alumnos.

Nota pedagógica

- A menudo los alumnos manejan un vocabulario muy preciso (sismo, magnitud, epicentro, placa, *tsunami*), que conocen debido a la fuerte cobertura mediática de algunos eventos (por ejemplo, el sismo ocurrido en Japón en marzo del 2011), pero sin que necesariamente los conceptos asociados sean dominados. Para algunos, un sismo es un temblor o terremoto de todo el planeta; para otros, es un fenómeno local que sucede asociado a fenómenos meteorológicos (*hay ondas, estas pueden provocar huracanes*).
- Muy a menudo la palabra *placa* es usada por los alumnos para designar, en realidad, un continente.

- Para la mayoría de los alumnos, un terremoto es un fenómeno muy violento, durante el cual la tierra se abre literalmente en dos (el riesgo para las personas es caer en las grietas abiertas). Estas representaciones erróneas se irán corrigiendo a medida que avance la secuencia.

Investigación bibliográfica

Los alumnos se reparten en parejas. La mitad recibe una fotocopia de la ficha 17, y la otra una de la ficha 18. Estas dos fichas corresponden a artículos de prensa relacionados a sismos ocurridos en Francia o en el extranjero, inofensivos o dramáticos según su amplitud y según el grado de preparación de la población.

Nota pedagógica

El profesor puede entregar otros documentos de apoyo para esta sesión (en particular, si la clase está ubicada en una región sísmica, un anclaje local sería deseable).

El siguiente sitio de Internet contiene artículos de prensa relativos a temblores y terremotos ocurridos en Francia: <http://sismalp.obs.ujf-grenoble.fr/coupures/coupures.html>

Puesta en común

Después de la lectura de estos textos, el maestro anima una discusión colectiva que permita llegar a una definición operacional de un sismo: es un temblor o terremoto que se manifiesta por remezones que pueden provocar hundimientos y movimientos (deslizamientos, derrumbes) de terreno. Un sismo es un fenómeno muy breve (algunos segundos a algunos minutos), pero es posible que sea muy violento.

Un sismo puede también formar un *tsunami*: conjunto de olas de gran altura que suelen producir importantes daños.

Los documentos muestran que Francia está sometida al riesgo sísmico. La puesta en común permite también darse cuenta que el principal riesgo relacionado con un sismo (aparte del *tsunami*) es el derrumbe de los edificios (y no es porque la tierra se abra en dos como piensan los niños). Se constata que hay países mejor preparados que otros, con construcciones adaptadas.

Nota científica

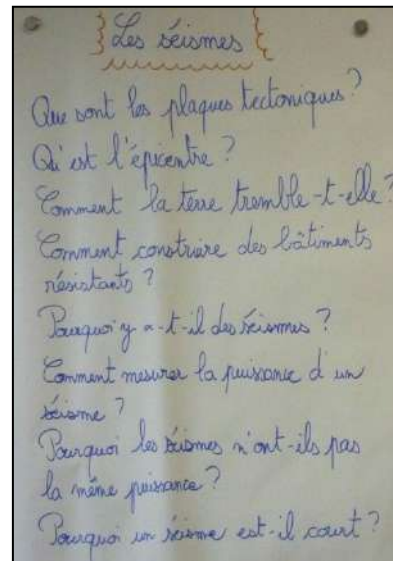
El sismo ocurrido en marzo del 2011 en Japón, ilustra bien ese aspecto: el sismo en sí causó pocos destrozos (fue el *tsunami* el que tuvo consecuencias catastróficas). La mayor parte de los edificios resistieron bien los remezones, como se ve en el video *online* en el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro), donde se ven edificios

inclinados, pero que no se derrumban. Este video puede ser una buena ampliación de esta sesión.

Conclusión - Escritos

La clase elabora una conclusión colectiva y la anota en los cuadernos de experimentos. A continuación, un ejemplo de conclusión: Cuando ocurre un sismo (temblor o terremoto), *los remezones pueden ser breves pero muy violentos y provocar colapsos de edificios. Un sismo puede también provocar un tsunami.*

El profesor pide a los alumnos explicitar las preguntas que les surgen sobre el tema de los sismos y escribirlas en un papelógrafo (se contestará a estas preguntas a medida que vamos avanzando en las sesiones siguientes).



Clase de CM1/CM2 de Francis Bachelet y Corinne Dauchart (Rosheim)

Extensión multimedia

La primera animación multimedia creada para este proyecto se titula *Vivir con el riesgo*. Se trata de una película de animación que relata la historia de las catástrofes naturales pasadas, y de los medios que han encontrado los hombres para protegerse de ellas. Se accede a esta película en el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).



Extensión

Además de la extensión evocada en la nota científica de arriba (ver un video mostrando edificios inclinados), esta sesión puede ser completada por una exploración de los mitos y leyendas que existen en torno a los temblores o terremotos: dragón en China, pez-gato en Japón, tortuga entre los indígenas de América, etc.

Sesión 2-2: ¿Cómo medir la intensidad de un sismo?

Tiempo	1 hora 15 minutos
Material	Para cada grupo: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia de las fichas 19 a 22 (Anexo) Para la clase (optativo): <ul style="list-style-type: none">• Un equipo para proyectar la ficha 22
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que un sismo se propaga de manera concéntrica• Saber que el lugar donde se puede sentir más fuertemente un sismo se llama <i>epicentro</i>• Saber que a medida que está más alejado del epicentro, los daños en un determinado lugar son menores• Saber que los daños causados por un sismo se miden con la escala MSK; se habla de intensidad• Saber que la intensidad de un sismo varía de I (sismo imperceptible) a XII (daños catastróficos)
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Inferir informaciones nuevas (implícitas)• Conocer las principales características geográficas físicas; localizarlas en un mapa a diferentes escalas
Dominio	Ciencias
Vocabulario	Escala MSK, intensidad, epicentro, concéntrico

Pregunta inicial

El profesor solicita a algunos alumnos recordar los principales efectos que pueden sentirse durante un temblor o un terremoto (recuerdo de la sesión anterior).

Investigación bibliográfica

Los alumnos se reúnen en pequeños grupos y reciben una fotocopia de la ficha 19, que describe los daños causados (correspondientes a los 12 grados de la escala MSK). Estos daños son presentados en desorden. El trabajo consiste en poner estos efectos en orden, desde el más benigno al más grave (cortando y pegando los ítems en la ficha 20).



A continuación, se presenta la lista ordenada, así como la intensidad MSK correspondiente:

INTENSIDAD MSK	DAÑOS
I	Los habitantes no sienten nada, el sismo sólo es detectado por los instrumentos más sensibles.
II	Solamente algunas personas despiertas sienten pequeñas vibraciones.
III	Los vidrios y la loza tintinean y las lámparas oscilan.
IV	Todas las personas despiertas sienten fuertemente los remezones.
V	Las personas dormidas se despiertan, los objetos caen.
VI	Los muebles pesados se desplazan. Numerosas personas tienen miedo. Las tejas caen de los techos.
VII	Algunas grietas aparecen en los edificios.
VIII	Los edificios sufren importantes daños, las chimeneas se caen.
IX	Las construcciones más frágiles, en particular las casas, se derrumban. Las tuberías subterráneas se rompen. Los caminos sufren importantes daños.
X	Los puentes y los diques colapsan. Los rieles ferroviarios se tuercen.
XI	Pánico general. Todas las construcciones, aún las más sólidas se destruyen.
XII	Las ciudades son arrasadas y los paisajes modificados (grietas en el suelo, ríos desplazados de sus cauces, etc.).

Puesta en Común

La clase pone en común las diferentes proposiciones y llega a un consenso. El profesor explica que esta descripción de los daños corresponde, en versión simplificada, a una escala internacional (llamada MSK: *Medvedev, Sponheuer y Karnik*, correspondiente a las tres personas que la han definido).

Notas científicas

- A pesar del trabajo realizado durante la sesión precedente, son varios los alumnos que siguen creyendo que, durante un sismo, la tierra se abre en dos (fisuras, hundimientos). Se ve aquí que esto pasa solamente en caso de sismos excepcionalmente intensos (XII en la escala MSK).

- No confundir esta escala relativa (que mide los daños en un lugar determinado) con la escala de Richter, que mide la fuerza *absoluta* de un sismo. En el primer caso, se habla de intensidad; en el segundo, de magnitud. La escala de Richter será estudiada en la Sesión 2-7. Para no confundir estas dos escalas, se anota la intensidad (MSK) con números romanos.
- También existe otra escala, más antigua, similar a la MSK: la escala de Mercalli. Asimismo, la escala MSK ha sido actualizada y precisada recientemente. La nueva versión se titula EMS98 (escala macro-sísmica europea). Esta denominación no es muy conocida públicamente, por lo que hemos preferido utilizar su versión original.

Investigación bibliográfica

El profesor explica entonces que la clase va a utilizar, de ahora en adelante, esta escala para ver cómo un mismo sismo se puede sentir en diferentes lugares.

Los alumnos, distribuidos en grupos pequeños, reciben una fotocopia de las fichas 21 y 22. El primer documento proporciona, para un mismo sismo, diferentes testimonios de habitantes de distintas ciudades, mientras que el segundo presenta estas ciudades en un mapa. El sismo estudiado es el que ocurrió cerca de Laffrey (Isère) el 11 de enero de 1999.

Los alumnos deben, en una primera parte, determinar la intensidad del sismo en las distintas ciudades (hacer la correspondencia entre los daños comprobados y la intensidad en la escala MSK), luego relacionar entre sí las ciudades en las cuales el sismo tuvo la misma intensidad (trazar las curvas *isosistas*¹, que formarán círculos).

Puesta en común

Los informes de los distintos grupos constatan que estas curvas isosistas (daños comprobados) son de forma aproximadamente circular. El maestro pide a los alumnos que expongan lo que esto les dice con respecto a la propagación del sismo.

Nota científica

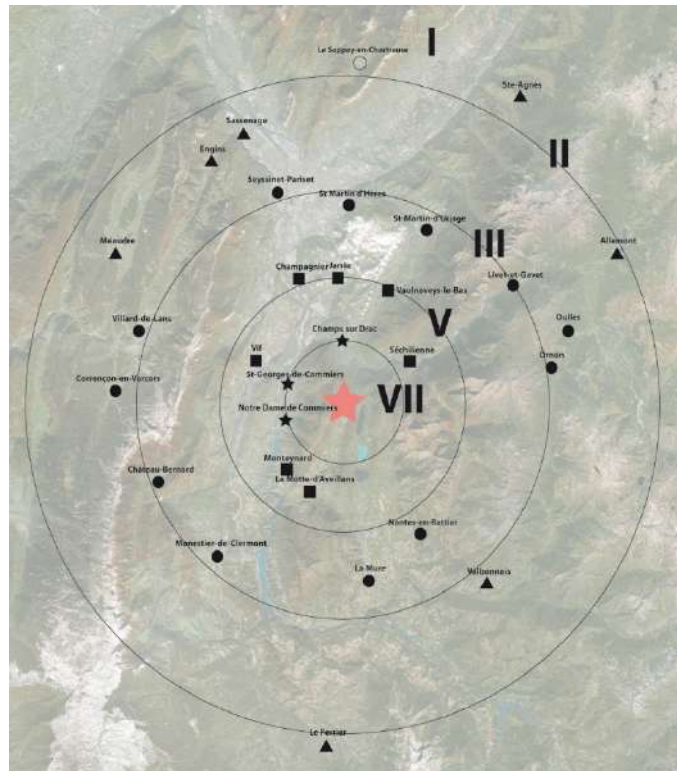
En realidad, la propagación no es perfectamente concéntrica, puesto que la naturaleza del terreno (suelo más o menos blando, relieve) va a reforzar o atenuar localmente los efectos del sismo. Los círculos son, por lo tanto, deformados. Sin embargo, considerar esta complejidad en la escuela básica nos parece que es algo

¹ Las curvas isosistas son las que unen los puntos donde el sismo ha tenido igual intensidad y se sitúan rodeando el epicentro.

innecesario, por lo que *pretendemos* que un sismo se propaga de manera perfectamente concéntrica.

Se trata entonces de encontrar el lugar donde el sismo ha tenido la mayor intensidad y de nombrar este punto. Se sitúa al centro de los diferentes círculos. Se le puede llamar *centro*, aunque el maestro explica que, en realidad, su nombre es epicentro.

El término *epicentro* es definido, provisoriamente, de la manera siguiente: es el lugar donde el sismo puede ser sentido más fuertemente (¡si es que hay alguien allí para que lo sienta!). Esta definición será modificada más tarde (Sesión 2-5), cuando se defina lo que es el foco.



Se puede hacer una comparación con lo que se observa cuando se lanza una piedra en un estanque: las olas forman círculos concéntricos y son menos altas a medida que se alejan del centro. A continuación, se da una reseña de estos datos (la estrella representa el epicentro del sismo), así como de las intensidades correspondientes. Puede ser muy útil para esta puesta en común proyectar en el pizarrón la ficha 22, con el fin de permitir a uno o varios alumnos recorrer el



trazado de los diferentes círculos y ubicar el epicentro.

Nota pedagógica: uso del tablero numérico interactivo

Una sesión como ésta puede requerir, fácilmente, el uso del tablero numérico interactivo (TNI), en particular al momento de la puesta en común: el mapa se visualiza en el TNI, un alumno va a colocar los valores de las intensidades y otro a trazar los círculos. El TNI también se utiliza para encontrar el epicentro.

Conclusión

La clase elabora una conclusión en forma de síntesis, como por ejemplo:

Un sismo se propaga en forma concéntrica. El punto donde se puede sentir más fuerte se llama epicentro. La intensidad de un sismo puede variar de I a XII. Esta intensidad mide la amplitud de los daños.

Esta conclusión se anota en el cuaderno de experimentos.

Variante

El profesor que desea dedicar más tiempo a la producción escrita podrá adaptar el desarrollo de esta sesión de la siguiente manera (prever una duración de dos horas):

1. Pide a los alumnos imaginar una escala de percepción del sismo (en 4 ó 5 grados) y redactar los textos correspondientes. Ejemplo: el sismo es imperceptible, los remezones se sienten pero no hay daños, etc.
2. Lee la ficha 21 y afina según las necesidades las definiciones anteriores, y caracteriza, en esta escala personal, la gravedad del sismo en diferentes lugares.
3. Realiza el estudio documentado; luego introduce la escala MSK.

Extensión

En artes plásticas se puede ilustrar la escala MSK: cómo se sienten los habitantes, daños constatados, modificación de los paisajes.

Sesión 2-3: ¿Cómo se propaga un remezón?

Tiempo	1 hora
Material	Para cada grupo: <ul style="list-style-type: none">• Fideos coloreados (u otros objetos pequeños, livianos, de tamaño y peso idénticos, pero de colores distintos)• Un martillo• Una hoja A3 Para la clase (facultativo): <ul style="list-style-type: none">• Una cámara numérica
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que un sismo se propaga en forma concéntrica.• Saber que a medida que se aleja del epicentro, los daños son menores
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Manipular y experimentar, formular una hipótesis y evaluarla, argumentar• Expresar y explicar los resultados de una medida o una investigación utilizando vocabulario científico de manera escrita y oral
Dominio	Ciencias

Pregunta Inicial

La clase repasa lo que ha visto en la sesión precedente, o sea: las vibraciones de un sismo se propagan según círculos concéntricos y su intensidad disminuye a medida que se aleja del centro. El maestro pide a los alumnos que imaginen una experiencia que permita verificar esa afirmación.

Algunos alumnos pueden proponer, por ejemplo, lanzar un objeto al agua y observar la forma de las olas (círculos concéntricos). Esta experiencia se puede realizar colectivamente, pero el profesor debe cuidar que los alumnos comprendan que se trata de una analogía. Los incita a que realicen una experiencia que ponga en juego vibraciones de la misma naturaleza que las de un sismo: *Convendría hacer vibrar alguna cosa sólida.*

Muy probablemente, los alumnos proponen entonces utilizar una mesa, y disponer objetos circulares. En seguida *se mueve la mesa, lo que hace caer los objetos, y se observa qué objetos circulares caen más fácilmente.* La pregunta del golpe

para mover la mesa se debate: *¿es necesario golpear la mesa por encima o por debajo, o hacer chocar dos mesas entre sí?* La última proposición (hacer chocar dos mesas) se descarta rápidamente, pues no habría, en este caso, epicentro localizado. Se decide, por considerarlo más efectivo, golpear debajo de la mesa, en su centro.

Nota pedagógica

- Si las mesas están equipadas de casilleros por debajo, es preciso golpear entre los casilleros y la mesa o, por último, golpear la mesa desde arriba.
- El golpe de martillo se debe colocar con la mayor precisión posible al centro de los círculos.
- Se puede introducir este experimento de manera distinta, mostrando a los alumnos el material disponible, y preguntándoles cómo utilizarlo para poder responder la pregunta que se hace.
- Astucia: para colorear los fideos, es suficiente mojarlos durante algunos segundos en colorante alimentario y secarlos rápidamente en el horno para que no se ablanden.

Investigación experimental

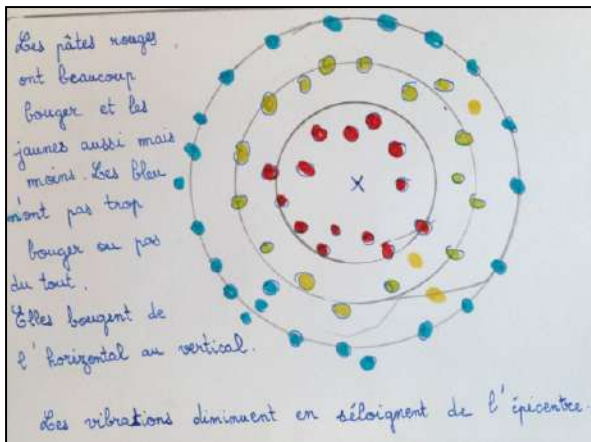
Los alumnos se reparten en grupos y realizan su experimento.

Por ejemplo, ponen hitos de colores (fideos de colores, azúcar en cubos, piezas de dominó, etc.) en los círculos concéntricos (un color por círculo) trazados en una hoja A3 colocada en la mesa. Dando un golpe seco debajo de la mesa con la ayuda del martillo (debajo



Clase de CM1/CM2 de Sylvie Vernet (Lyon)

del centro de los círculos, que representa el epicentro), se crea una vibración que se propaga por la mesa. Los hitos colorados se desplazaron (o cayeron si se trata de piezas dominó), y su desplazamiento se efectuó en todas las direcciones del espacio: en el plano de la hoja, pero también verticalmente. Mientras más alejados del punto del impacto, menos han sido desplazados los hitos de colores.



Clase de CM1 de Stéphane Barbosa (Verniolle)

Nota pedagógica

- Si se dispone de una cámara numérica, se puede filmar el experimento, inclinando la vista de manera de visualizar el desplazamiento vertical de los elementos. Un video de esta manipulación está disponible en el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).
- Si se golpea demasiado fuerte, todas los fideos son eyectados y no se ve nada más. Para dosificar la fuerza del golpe es preferible usar un martillo.

Puesta en común y conclusión

Este experimento demuestra que un remezón se propaga según círculos concéntricos. Mientras más lejos del epicentro, más se atenúan las vibraciones, y menores son los daños.

Este resultado se anota en el cuaderno de experimentos como conclusión. La actividad realizada permite introducir un nuevo cuestionamiento: *en la realidad, ¿qué es lo que provoca los remezones? (¿qué es lo que cumple el rol del golpe de martillo?)*.

Sesión 2-4: ¿Dónde se localizan los sismos?

Tiempo	1 hora
Material	A elección: <ul style="list-style-type: none">• Una sala informática con conexión a Internet (un computador por pareja de alumnos)• O para toda la clase: un computador y un video proyector• O, si no hay equipo informático, para cada pareja: una fotocopia de las fichas 7, 8 y 23 (Anexo), así como un mapa del mundo.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que la corteza terrestre está constituida por placas en movimiento, unas respecto a otras• Saber que la mayoría de los sismos se encuentran en los límites de estas placas
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Conocer las principales características geográficas físicas, localizarlas en mapas de distintas escalas• Leer y utilizar mapas• Leer un documento numérico
Dominio	Ciencias

Notas pedagógicas previas

- Esta sesión se apoya en una animación multimedia, creada por *La mano en la masa*, y *Universcience*, que puede ser descargada en el sitio Internet dedicada a este proyecto (ver al final del libro).
- Esta sesión es muy parecida a la Sesión 1-8, que trata de la localización de los volcanes. Puede ser realizada individualmente (o una pareja de alumnos por computador), o de manera colectiva, con la ayuda de un video proyector:
 - Si los alumnos están frente a la pantalla, necesitaran una supervisión importante (de lo contrario, *juegan* con la multimedia, sin estar realmente atentos y sin aprender nada).
 - Si la sesión se realiza colectivamente, conviene animarla, detenerse a menudo, pedir a los alumnos anticipar (*según su opinión ¿qué cree que va a pasar si...?*), de manera que no permanezcan pasivos.
- Una variante se propone más abajo (como estudio documentado), para el caso de que no sea posible utilizar la multimedia. Ninguna de las dos variantes es exclusiva.

Pregunta Inicial

La sesión precedente permitió preguntarse sobre el origen de un sismo: *¿qué es lo que produce el remezón?* Los alumnos reflexionan individualmente y anotan sus hipótesis en su cuaderno de experimentos.

Nota pedagógica

Los alumnos de la escuela básica no tienen en general una idea precisa de la causa de un sismo. Pueden relacionar su origen con una causa volcánica o meteorológica (por ejemplo, el calor agrieta el suelo), o aun con un origen humano (como guerra / bombas).

En el probable caso de que los alumnos no relacionen los sismos con las placas tectónicas, el maestro puede ayudarlos con otra pregunta: *¿los sismos ocurren en sectores específicos?* Introduce entonces la animación multimedia, que será útil para responder esta pregunta, como se haría en la investigación bibliográfica.

Investigación (animación multimedia)

Los alumnos se dividen en grupos pequeños, idealmente en parejas. Cada grupo tiene un computador a su disposición, con la animación cargada.

La animación interactiva se compone de varios elementos que permiten visualizar:

- Las capas internas de la Tierra.
- Las placas tectónicas (se puede, en particular, seguir su desplazamiento desde Pangea).
- La localización de los sismos en la Tierra, que es posible comparar con el trazado de las placas.
- La localización de los volcanes (esta parte se puede saltar, ya que fue abordada durante la Secuencia 1).



Animación "El Planeta Tierra"

Puesta en común

Después de haber utilizado la animación, los alumnos ponen en común lo que han aprendido.

- La corteza terrestre está constituida por placas en movimiento relativo entre ellas (el profesor se preocupa, si es necesario con ayuda de un mapa mundial, que los alumnos sepan hacer la diferencia entre las placas y los continentes).

- La mayor parte de los sismos se encuentran en las fronteras de estas placas.

Nota científica

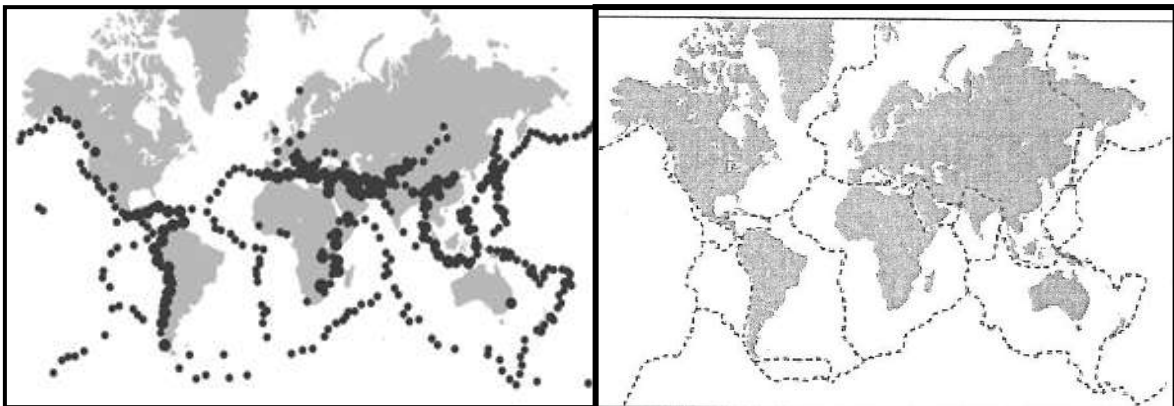
En realidad, los sismos no se ubican exactamente en las fronteras de las placas, sino siguiendo una franja amplia (incluso hasta miles de kilómetros) alrededor de estas fronteras. En la escuela básica este matiz no nos parece importante.

Conclusión

La clase puede concluir –provisoriamente– que existe, quizás, una relación entre las placas y el origen de los remezones. La sesión siguiente permitirá verificar, experimentalmente, si esta proposición es pertinente.

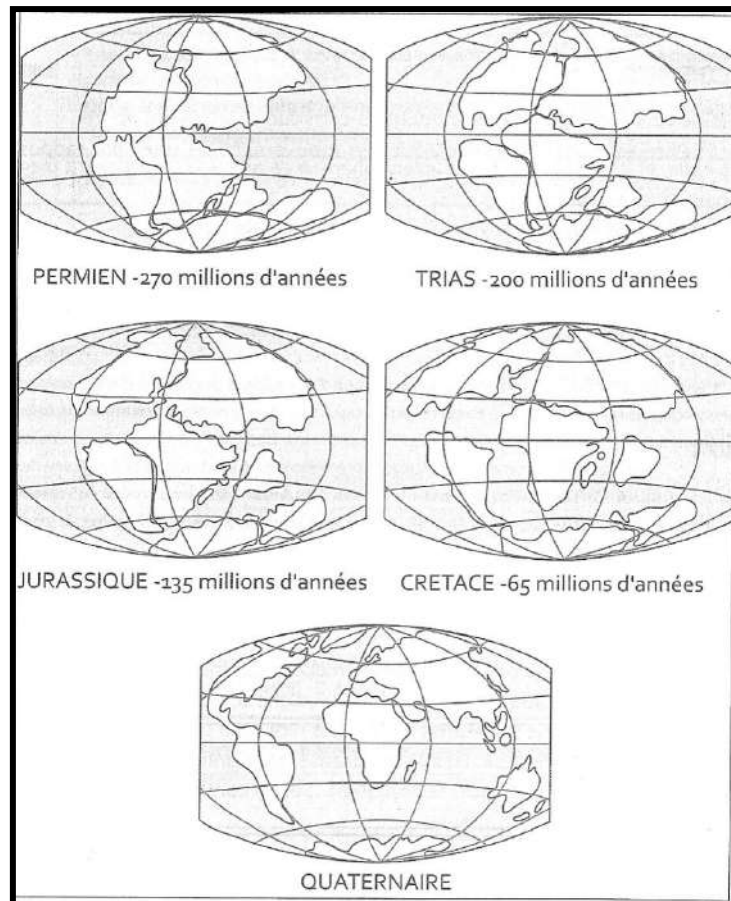
Variante

Si esta animación multimedia no puede realizarse en clase por falta de equipo, es posible efectuar una sesión similar usando mapas (fichas 7, 8 y 23), y un planisferio.



El estudio de la ficha 23 muestra que los sismos no están repartidos al azar: la mayor parte de los sismos mayores están localizados en *líneas*. Al interrogar al curso sobre el significado de estas líneas, se introduce el segundo mapa (ficha 7, que muestra las placas tectónicas), y se constata que estas líneas corresponden a las fronteras entre esas placas. Se pide entonces a los alumnos calcar los contornos de América del sur en un mapa mundial, luego colocar lo calcado sobre el mismo planisferio tratando de juntar Sudamérica con África. Los alumnos comprueban que los dos continentes *encajan*, y luego formulan las hipótesis que dan cuenta de esta constatación. Una explicación posible es que estas placas se desplazan, y que en una cierta época los dos continentes formaban uno solo. El mismo trabajo puede hacerse con Arabia y África, para llegar a una comprobación e una hipótesis idénticas.

El profesor introduce entonces la ficha 8, que explica la deriva de los continentes y propone a los alumnos poner en orden las diferentes etapas desde Pangea. Para mayor facilidad, se puede empezar coloreando los continentes (con el fin de hacer un mejor seguimiento). La corrección se encuentra abajo (cuaternario = hoy).



La sesión termina con una discusión colectiva durante la cual el profesor explica la relación entre los movimientos de placas y la actividad sísmica.

Sesión 2-5: ¿Cuál es el origen del remezón?

Tiempo	1 hora
Material	Para cada grupo: <ul style="list-style-type: none">• 2 tablonces de madera a los cuales se ha fijado un gancho• Papel de lija, elásticos• Varillas metálicas, cubos para apilar o un pequeño recipiente lleno de agua• Una cinta adhesiva de doble cara
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que un sismo se produce por una ruptura o un movimiento brusco de la roca• Saber que el lugar donde se produce esta ruptura o este desplazamiento es llamado foco• Saber que el foco de un sismo puede ser más o menos profundo (10 a 700 km)• Saber que el epicentro se sitúa en la verticalidad del foco
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Manipular y experimentar, formular una hipótesis y evaluarla, argumentar• Expresar y tratar los resultados de una medida o de una investigación usando el vocabulario científico de manera escrita y oral.
Dominio	Ciencias
Vocabulario	Foco

Pregunta Inicial

La sesión anterior permite identificar una causa posible: los movimientos de placas, de unas respecto a otras.

El profesor pregunta a los alumnos si este movimiento se produce de manera continua o a saltos. Los estimula luego a imaginar una experiencia que permita confirmar o no sus hipótesis. En caso de dificultad, puede guiarlos haciendo una pregunta de este tipo: *¿Es posible imaginar un experimento en el que se tira una placa para desplazarla de manera progresiva, en un caso, y en forma brusca, en otro caso?*

Sin dificultad, los alumnos imaginan un dispositivo que genera el desplazamiento de una placa e impide, a la vez, que ese desplazamiento sea progresivo (por ejemplo, cinta adhesiva doble cara o velcro bajo la placa).

Investigación experimental

La experiencia, que se realiza colectivamente o por grupo, es bastante simple:

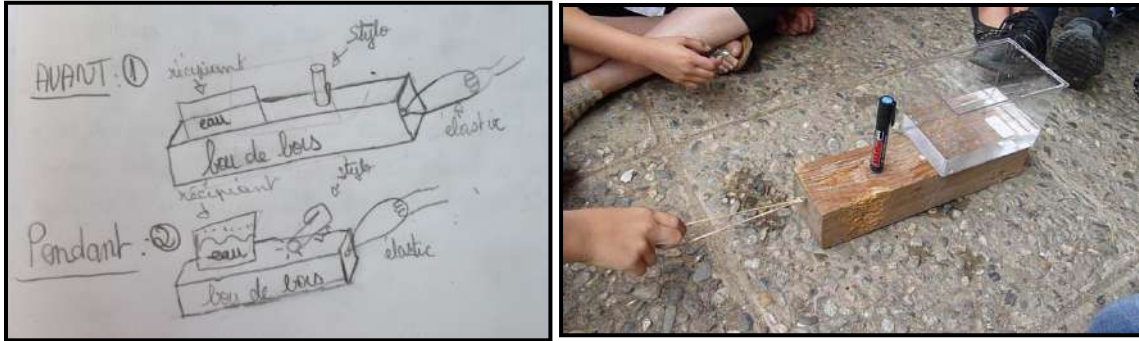
- Se colocan dos tablones de madera (u otro objeto bastante pesado, en el cual se puede fijar un gancho) en la mesa.
- Se fijan uno o varios elásticos (dependiendo de su resistencia) en estos tablones de madera, de modo de poder tirarlos.
- Debajo de uno de los tablones se coloca velcro o cinta adhesiva doble cara, de manera de aumentar la fricción con la mesa.
- Sobre los tablones, se coloca un recipiente con agua (u objetos apilados en equilibrio), de manera de poder detectar el remezón (los objetos caen, aparecen olas en el recipiente).

Cuando se tira del elástico, paralelamente a la mesa, los dos tablones se comportan de forma diferente:

- En un caso (baja fricción), la figura se desplaza progresivamente, sin saltos, no hay vibraciones (los objetos colocados encima no caen).
- En el otro caso (fricción intensa), el elástico se estira, en primer lugar, sin desplazar el tablón (fase de acumulación de energía), luego el tablón se desplaza súbitamente (fase de ruptura, que libera la energía acumulada bajo la forma de vibraciones). Los objetos en equilibrio caen.

Nota científica

Se puede realizar la manipulación con un solo tablón y variar el soporte. En un soporte liso (tabla) no hay remezones, ya que el tablón se desliza fácilmente, mientras que en un soporte rugoso (hormigón, gravilla, etc.) el movimiento se hace a saltos.



Clase de CM2 de Stéphanie Barbosa (Verniolle)

Puesta en común y conclusión

El experimento anterior mostró que se genera una vibración cuando hay un movimiento brusco del objeto con respecto al soporte. Cuando el movimiento es progresivo, no hay remezón.

El profesor está atento a que los alumnos hagan bien la relación entre este modelo y la realidad. La conclusión puede ser:

Las placas tectónicas están en movimiento unas con respecto a otras. Cuando este movimiento es regular, sin saltos, no origina sismo. Pero cuando este movimiento es perturbado por una razón u otra, la energía acumulada se libera bruscamente, por un movimiento súbito de las dos placas, lo que origina un sismo.

Se define entonces el lugar dónde se produce esta ruptura o desplazamiento: es el foco. El foco de un sismo puede ser más o menos profundo (10 a 700 km).

La clase recuerda la definición del epicentro determinada en la Sesión 2-3, explicando que el epicentro es el punto, en la superficie, situado en la vertical del foco.

Estas dos definiciones se anotan en el cuaderno de experimentos, así como los esquemas del experimento realizado y la conclusión.

Sesión 2-6: ¿Cómo detectar un sismo?

Fabriquemos un sismógrafo

Tiempo	1 hora 45 minutos (dos veces)
Material	Para cada alumno: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia de la ficha 24 (Anexo) Para cada grupo: <ul style="list-style-type: none">• Material necesario para la fabricación del sismógrafo (ver ejemplos más abajo)
Objetivo	Saber que las vibraciones del suelo pueden ser medidas con ayuda de un sismógrafo
Competencias	Manipular y experimentar, formular una hipótesis y evaluarla, argumentar Expresar y tratar los resultados de una medición o de una investigación usando el vocabulario científico de forma escrita y oral Ubicar en un texto las informaciones explícitas
Dominio	Ciencias
Vocabulario	Sismógrafo, sismograma

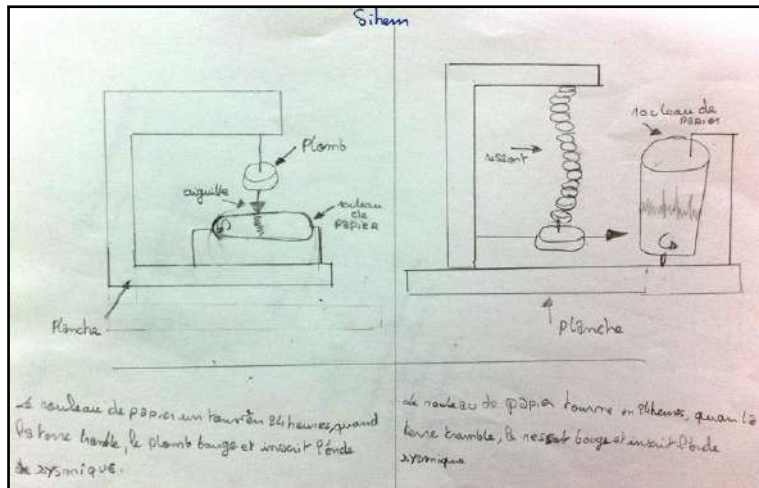
Esta sesión se desarrolla en dos momentos distintos, de modo de poder reunir el material pedido a los alumnos.

- 1ª parte: Concepción y diseño del sismógrafo, lista del material necesario.
- 2ª parte: Fabricación y evaluación del sismógrafo; después, estudio documentado.

El profesor puede tratar las dos partes, una a continuación de la otra, a condición de haber previsto mucho material para poder responder a las necesidades de los alumnos.

Pregunta inicial

Después de recordar lo visto anteriormente (un sismo se produce por un movimiento brusco de las placas tectónicas; esta vibración se propaga y puede causar daños), el profesor pregunta a los alumnos cómo se puede detectar un sismo, o, más simplemente, cómo se puede saber que está ocurriendo un seísmo.



Clase de CM2 de Anne-Marie Lebrun (Bourg-la-Reine)

Puede igualmente

preguntarles sobre los sentidos involucrados (se siente con el cuerpo, se ven objetos que se mueven o se caen, se escucha que estos objetos se mueven o caen).

Los alumnos reflexionan luego, en pequeños grupos, en torno a un dispositivo experimental que permita detectar un sismo. Se trata entonces de crear y fabricar un sismógrafo.

Los alumnos deben proporcionar un esquema que ilustre el funcionamiento de un sismógrafo, así como la lista del material necesario para realizarlo.

Nota pedagógica

- Por el momento, el profesor no precisa si se trata solamente de detectar que un sismo ha ocurrido, o si se trata también de medir su fuerza, o, aun, si se trata de guardar un registro de esto (por ejemplo, un registro escrito) Estos aspectos serán conversados cuando se comparen las proposiciones de un grupo con las de los otros grupos.
- A fin de no frenar la creatividad de los alumnos orientando sus realizaciones, es importante no mostrarles el material disponible (si es que ya está reunido), sino que, al contrario, explicarles que tienen el derecho de imaginar cualquier dispositivo, con la condición de que sea posible conseguir el material fácilmente (disponibilidad y costo). Si algunas proposiciones son demasiado fantasiosas o irrealizables, serán corregidas *a posteriori*.

Puesta en común

Las diferentes proposiciones son presentadas y comparadas. Los alumnos pueden proponer dispositivos muy variados. El punto en común de estos dispositivos es que deben tener algún objeto móvil (suspendido o en equilibrio) susceptible de

moverse ante una vibración. Los dispositivos más simples permiten detectar que un sismo ha ocurrido, pero no queda rastro permanente del mismo. Algunos dispositivos, apenas más complejos, permiten guardar un rastro, incluso medir la fuerza y la dirección de la oscilación (ver ejemplos de realización más abajo).

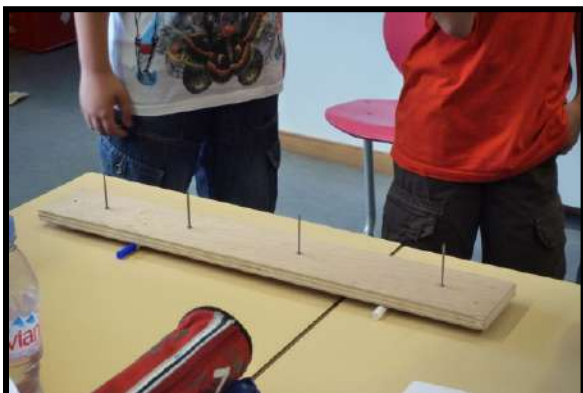
Se discute el material necesario. Si éste no está disponible y no puede reunirse para la próxima vez, se modifica el sismógrafo, de manera de adaptarlo al material disponible.

Fabricación

Cada grupo de alumnos recibe el material necesario para la fabricación de su sismógrafo, lo fabrica y luego lo evalúa.

Las proposiciones varían mucho de una clase a otra, y de un grupo a otro. Damos aquí algunos ejemplos de realización con algunas ideas dominantes (con equilibrio, imanes, agua, etc.), sabiendo que para cada una de estas existen numerosas variaciones.

Acerca del equilibrio



Clase de CM / CM2 de Francis Bachelet y Corinne Dauchart (Rosheim)

Objetos se colocan en equilibrio y caen cuando se sacude la mesa.

Acerca del agua



Clase de CM2 de Anne-Marie Lebrun (Bourg-la-Reine)

El recipiente se llena de agua. Se hacen agujeros precisamente encima de la superficie del agua. El remezón crea una ola que hace salir el agua por los agujeros. El agua se recoge en recipientes (uno por cada agujero). Se puede aun deducir la dirección de la oscilación (observando después cuáles son los recipientes inundados).

Alrededor de imanes



Clase de CM2 de Anne-Marie Lebrun (Bourg-la-Reine)

Dos imanes son suspendidos con hilos puestos a una distancia tal que puedan pegarse uno con el otro cuando la mesa es sometida a un remezón.

Alrededor de un trazo escrito



Clase de CM2 de Anne-Marie Lebrun (Bourg-la-Reine)

Un lápiz está suspendido por un sujetador y marca una hoja de papel. En caso de remezón, queda dibujada una marca en forma de zig-zag. Este dispositivo puede fácilmente ser mejorado (agregando peso al lápiz para que esté siempre en contacto con la hoja; utilizando un rollo de papel que gira, en vez de una hoja; etc.).

Nota pedagógica

Es posible imaginar otros dispositivos, como por ejemplo:

- Un objeto colgado en un resorte (este resorte va a empezar a oscilar).
- Campanillas colgadas en una cuerda (que van a tintinear).
- Se puede también medir la fuerza del remezón con canicas (bolitas) y planchas con agujeros (más o menos anchos). Si el remezón es débil, solamente las canicas que están en agujeros de muy pequeño diámetro van a caer; si el remezón es fuerte, todas las canicas caerán.
- Una varilla metálica móvil que, con un remezón, entra en contacto con un circuito eléctrico y lo cierra (una ampolleta se ilumina, una alarma suena, etc.).

Estudio documentado

El maestro distribuye la ficha 24, que describe el primer sismógrafo, inventado en China en el año 132 D.C. (Dinastía Han).

Después de una lectura individual de esta ficha, el profesor anima una discusión colectiva destinada a asegurarse de que los alumnos han comprendido bien el principio de funcionamiento de este sismógrafo. La clase puede, entonces, buscar las similitudes y diferencias entre este dispositivo y los realizados en esta sesión.

El balde de agua perforado es bastante parecido al sismógrafo chino, pero el inconveniente del agua es doble:

- El agua no produce ruido, contrariamente a las canicas metálicas (es preciso observar permanentemente el sismógrafo para ver si se registra algo).
- El agua se evapora si el tiempo es muy largo, lo que hace ineficaz el sismógrafo.

En la parte final de esta ficha bibliográfica se puede ver a qué se parece un sismograma moderno (registro realizado por un sismógrafo). Lo tratado en esta parte puede ser objeto de una discusión, pero será estudiado de nuevo durante la próxima sesión.

Registro escrito

Cada alumno describe su sismógrafo en su cuaderno de experimentos.

Extensión

La clase puede visitar un museo del tipo *artes y oficios*, con el objetivo de observar sismógrafos de distinta índole.

Sesión 2-7: Magnitud e intensidad.

Comparación de las escalas de Richter y MSK

Tiempo	1 hora 15 minutos
Material	Para cada alumno: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia de la ficha 24 (Anexo), ya utilizada durante la sesión anterior• Una fotocopia de la ficha 25 (Anexo) Para la clase: <ul style="list-style-type: none">• Una sala informática
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• La amplitud de la vibración creada en el foco se mide en la escala de Richter. Se habla de magnitud• La escala de Richter es una escala abierta, pero nunca se ha medido un sismo de magnitud 10 o superior a 10
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Expresar y aplicar los resultados de una medición o de una investigación utilizando el vocabulario científico de forma oral y escrita• Leer un documento numérico
Dominio	Ciencias
Vocabulario	Magnitud, escala de Richter

Nota pedagógica

Esta sesión sirve a la vez como introducción a la escala de Richter y balance de etapa. Para esto, la animación multimedia *Los sismos* es muy útil, pues ayuda a comprender la diferencia entre magnitud e intensidad.

Pregunta Inicial

La ficha bibliográfica que se usó en la sesión anterior muestra un *sismograma*² particular, el del sismo de Haití del 12 de enero de 2010.

El maestro pregunta a los alumnos a qué corresponden las diferentes amplitudes de las oscilaciones registradas.

² Registro sismográfico.

Corresponden a los propios remezones, es decir, a la energía liberada durante el sismo: un sismo de baja energía produce remezones leves (y trazados de baja amplitud en el sismograma), mientras que un sismo de fuerte energía produce remezones importantes, que se manifiestan por oscilaciones fuertes en el sismograma.

El profesor explica que la energía liberada por el sismo se llama magnitud, y que ésta se mide en una escala, distinta a la vista precedentemente: la escala de Richter.

Nota pedagógica

- Se encuentran numerosos sismogramas en el sitio Internet <http://www.edusismo.org>
- El análisis de estos sismogramas permite comprobar que un sismo da lugar a varios remezones. Algunos son muy rápidos (trazado apretado a la izquierda) y otros más lentos. Esta constatación será útil en la Sesión 2-10.

Investigación bibliográfica

Cada alumno recibe una fotocopia de la ficha 25, que presenta la escala de Richter y compara la energía liberada de sismos de diferentes magnitudes con la de otros fenómenos (explosión de una bomba atómica, por ejemplo).

Puesta en común

Después de algunos minutos de lectura, el profesor pregunta a los alumnos:

- *¿A qué corresponde la magnitud de un sismo?*
- *¿Un sismo puede tener varias magnitudes?* (Los documentos de la Sesión 2-1 ayudan a responder que un sismo tiene una sola magnitud).

El profesor se preocupa de que cada uno comprenda que hay una enorme diferencia entre un sismo de magnitud N y otro de magnitud N+1. Una diferencia de 1 de magnitud significa un factor 32 en la energía que está en juego; una diferencia de 2 magnitudes significa un factor de 1.000.

Por ejemplo, el maestro puede interesarse en la magnitud 6, muy explícita para los niños, pues es la energía liberada es la misma que la de la explosión de la bomba de Hiroshima. El profesor pregunta *¿a qué corresponde la magnitud 7?* La respuesta es: *32 bombas atómicas*. Pregunta después: *¿a qué corresponde la magnitud 8?* Respuesta: $32 \times 32 = 1.024$ *bombas atómicas*. Luego la magnitud 9.

Se asegura que los alumnos hayan entendido bien la diferencia entre la magnitud (escala de Richter), que es absoluta y que mide la energía *bruta* del sismo, y la

intensidad (escala MSK), que mide la amplitud de los daños y que depende del lugar de observación.

Para no confundirlas, se anotan estas dos cantidades de manera distinta:

- la magnitud (Richter) se anota en cifras árabes;
- la intensidad (MSK) se anota en cifras romanas.

Animación multimedia: balance de la etapa

Para la finalización de esta sesión se cuenta con el apoyo en una animación multimedia, creada por *La mano en la masa* y *Universcience*, que puede ser descargada desde el espacio *alumno* del sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).

Los alumnos se distribuyen en grupos pequeños, idealmente parejas. Cada grupo tiene un computador con la animación en pantalla.



Animación "Los sismos"

La animación interactiva se desarrolla en varias fases:

- Primero, el alumno puede variar tres parámetros (profundidad del foco, magnitud en la escala de Richter y zona geográfica).
- Luego, puede activar un sismo y ver los daños ocasionados.
- Por último, recibe las informaciones sobre la conducta a seguir en caso de sismo.

Nota pedagógica

Se puede hacer comprender a los alumnos que un sismo no se presenta solo, sino que le siguen varias réplicas. Algunas de estas réplicas llegan unos minutos después del sismo principal, y otras, varios días más tarde. Para captar bien esto, se puede ver una animación relativa al sismo de Japón en marzo de 2011. Este sismo tuvo, durante algunas semanas, varias centenas de réplicas. El sitio <http://www.japanquakemap.com/> permite observar el desfile de réplicas (consejo: acelerar el tiempo).

Después de haber utilizado la animación, la clase vuelve sobre lo que se ha visto desde el principio de la sesión: qué es un sismo, cómo se produce y propaga, cómo se mide, etc.

Conclusión

La clase elabora una conclusión, que es anotada en el cuaderno de experimentos. Por ejemplo: *Un sismo puede ser descrito por: su magnitud, en la escala de Richter, que mide la energía liberada por el sismo; y su intensidad, en la escala MSK, que mide los daños ocasionados localmente. Hay miles de sismos todos los días; pero los sismos de magnitud superior a 8 son raros. Más allá de 9, son excepcionales.*

Sesión 2-8: ¿Se puede prever un sismo?

Tiempo	1 hora
Material	Para cada grupo: <ul style="list-style-type: none">• Documentos que debe preparar el maestro con anticipación (ver más abajo)• Fotocopia de la ficha 26 (Anexo)
Objetivos	Saber que los sismos no se pueden prevenir, pero se conocen las zonas de riesgo
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Expresar y aplicar los resultados de una medición o de una investigación utilizando el vocabulario científico de forma escrita y oral• Conocer las diferentes características geográficas físicas; localizarlas en mapas de diferentes escalas
Dominio	Geografía

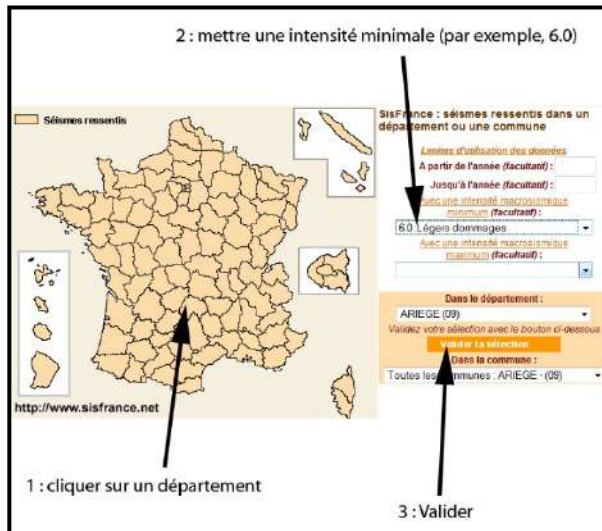
Pregunta Inicial

El maestro pregunta a la clase si es posible prever cuándo y dónde ocurrirá un sismo. El maestro explica que la respuesta a *cuando* es negativa: no se puede prever la llegada de un sismo.

Sin embargo, la clase ya ha visto, en la Sesión 2-4, que los sismos no están localizados de cualquier manera. Podemos entonces basarnos en la actividad sísmica pasada de una región para apreciar el riesgo sísmico por venir.

Investigación bibliográfica

El maestro obtiene del sitio www.sisfrance.net (Francia) la lista de sismos registrados en su departamento y recupera así dos listas (En Chile, esta información se obtiene en el Centro Sismológico Nacional, Universidad de Chile, <http://www.sismologia.cl/>). Primero, una lista de sismos sentidos por algunas personas (intensidad superior a 3), y luego una lista de sismos que han causado daños, incluso menores (de intensidad superior a 6).



Para esto, a partir del sitio Internet www.sisfrance.net clicar en un departamento. A la derecha se muestra un formulario. Se pueden filtrar los resultados ignorando, por ejemplo, todos los sismos demasiado débiles para haber tenido un efecto notable (se aconseja colocar una intensidad mínima de 3,0), y finalmente validar. Hacer lo mismo, luego, con otro valor límite de la intensidad (por ejemplo, 6,0).

Se obtiene un cuadro que muestra diferentes sismos, con sus datos correspondientes.

Por ejemplo:

- Para el Departamento de Ariège, sur de Francia, se obtiene una centena de sismos con una intensidad superior a 3, pero solamente cinco con una intensidad superior a 6.
- Paris ha conocido una docena de sismos de intensidad superior a 3, pero ninguno de intensidad superior a 4.

Notas científicas

Hay un pequeño error en el sitio Internet www.sisfrance.net : las intensidades están en cifras árabes, cuando la regla indica que deben estar escritas en cifras romanas, para no confundirlas con las magnitudes.

El documento entrega información sobre las zonas epicentrales, pero a veces se puede sentir un sismo cuyo epicentro se localiza en otro departamento. Las listas, entonces, no son exhaustivas.

El riesgo sísmico en Francia

El maestro distribuye un mapa de riesgo sísmico a cada alumno (ficha 26) o lo imprime en formato A3, o superior, para presentarlo en la clase. Este documento evalúa el riesgo actual y futuro, mientras que la precedente investigación bibliográfica muestra las catástrofes pasadas.

Riesgo sísmico en Chile

Chile es uno de los países más sísmicos del mundo, siendo testigo de terremotos que han ocasionado pérdidas tanto humanas como materiales. En ámbitos de la ingeniería, el peligro sísmico es una de las herramientas más utilizadas en la prevención de dichas pérdidas. El presente estudio revisa el estado del arte de la metodología pro-babilística, comparando tres aproximaciones para su cálculo y adaptándolas a Chile central. Se incorporan un conjunto de nuevos antecedentes, tales como la definición de las fuentes sismogénicas más importantes (interplaca, intraplaca de profundidad intermedia y corticales), reestimación de las leyes de Gutenberg-Richter y el uso de leyes de atenuación específicas a cada una de ellas. Con estos nuevos datos se generan mapas que muestran la aceleración horizontal máxima (PGA) esperada para una cierta probabilidad en un determinado período de vida útil donde no solo influye la fuente interplaca, sino que también se observa el efecto de las fuentes intraplaca de profundidad intermedia y cortical. En la zona urbana de Santiago, se obtienen valores PGA de 55% de la aceleración de gravedad (g) para un período de retorno de 475 años y de 72% g para un período de retorno de 1950 años, siendo solo un 13% inferiores a los encontrados en la zona costera (63% g y 83% g, respectivamente) (Leyton et al., 2010; http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-71062010000200011)

Nota pedagógica

Se encuentra en el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro) una tabla Excel, creada por el ministerio del Departamento del Desarrollo Sostenible, que entrega información sobre la zonificación sísmica de 36.721 comunas de Francia, es decir, la caracterización del riesgo: muy bajo, bajo, moderado, medio, fuerte.

El maestro propicia una discusión colectiva, que tiene como finalidad comprobar que en Francia todas las regiones tienen conocimiento de los sismos. En la mayor parte de los casos estos son sismos muy poco intensos; no causan daños importantes. En particular, es así en las regiones de la cadena de los Pirineos y del macizo alpino, así como en la Guadalupe y la Martinica.

Conclusión

Comprobado esto, se anota en el cuaderno de experimentos, acompañando los datos sobre la sismicidad de la zona geográfica de la escuela.

Sesión 2-9: ¿Qué hacer en caso de un sismo?

Tiempo	1 hora
Material	Para cada alumno: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia de la ficha 27 (Anexo)
Objetivos	Saber que en caso de sismo, es posible protegerse con medidas simples
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Formular una hipótesis• Movilizar sus conocimientos en contextos científicos diferentes• Expresar y aplicar los resultados de una investigación utilizando el vocabulario científico de forma escrita y oral
Dominio	Ciencias

Pregunta Inicial

El profesor recuerda lo que se ha visto en la sesión anterior (no se puede prever la llegada de un sismo).

Pregunta entonces: *Si se vive en una región de riesgo, ¿es posible, a pesar de esto, protegerse?*

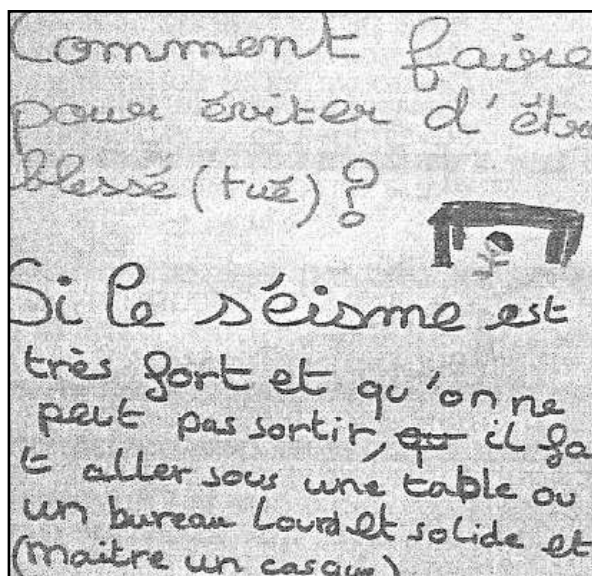
Los alumnos trabajan en parejas y anotan sus ideas en sus cuadernos de experiencias.

Puesta en común

La discusión colectiva permite obtener dos pistas principales:

- Las construcciones (dónde construir, cómo construir, etc.)
- Los comportamientos (antes, durante, después)

Si la primera pista (construir de acuerdo a las normas para-sísmicas) no es mencionada, se puede



recordar lo que se ha visto en la Sesión 2-1: el principal peligro durante un sismo (aparte de los *tsunamis*) es el hundimiento de los edificios. Las ideas relativas a esta primera pista se anotan aparte: serán objeto de discusión en las dos próximas sesiones.

La continuación de la sesión está centrada en los comportamientos. Las proposiciones de los alumnos son muy variadas y, a veces, contradictorias. Ejemplos:

- Ponerse bajo la mesa
- Tomar el automóvil e irse lejos
- Refugiarse bajo tierra (subterráneo, sótano, etc.)
- Ubicarse en un ángulo de una pieza
- Alejarse de los vidrios
- Salir de los edificios
- Llamar a instituciones de socorro
- Refugiarse bajo los árboles, etc.

Algunas de estas conductas son atinentes y otras no. Antes de seguir avanzando, los alumnos deben confrontar sus puntos de vista, intentando obtener un consenso. El profesor está atento a que los alumnos expresen el máximo de sus ideas: *¿Este comportamiento se ajusta a las medidas de prevención (antes del sismo), durante el remezón, o después? ¿Por qué te parece que esto se ajusta?*

Un punto, en particular, puede dar lugar a un fuerte desacuerdo: *¿es necesario pedir auxilio?* Para algunos alumnos la proposición es evidente, pero no para otros, que plantean el hecho de que *se vuelve un problema si todos llaman al mismo tiempo.*

Este punto será resuelto al estudiar la ficha 27, que el profesor distribuye a los alumnos. Esta ficha señala las conductas a adoptar en caso de que un sismo ocurra en la escuela. Después de algunos minutos, destinados a la lectura del documento, la clase conversa colectivamente su contenido: *¿Habíamos olvidado algunas conductas? ¿Hemos cometido errores? ¿Cuáles son?* El profesor pregunta entonces: *¿qué se debería hacer en caso de que un sismo ocurra de manera repentina estando fuera de la escuela? Por ejemplo en la casa, en el exterior o en el auto.*

Conclusión

Las conductas elementales de protección en caso de un sismo son anotadas en el cuaderno de experiencias.

- Desde el primer remezón:
 - Si estamos en el interior de una construcción: protegerse bajo un mueble sólido (mesa u otro) o en el marco de una puerta.
 - Si estamos en el exterior: alejarse de los edificios.
 - Si estamos en un auto: detenerse, pero quedarse dentro.

- Después del primer remezón :
 - Si estamos en un edificio:
 - si es posible, cortar el agua, el gas, la electricidad (para los adultos);
 - salir del edificio.
 - En todos los casos:
 - no llamar por teléfono;
 - escuchar la radio;
 - reunirse en grandes espacios libres colectivos (por ejemplo: jardines públicos, estadios).

Extensión

- Realizar un afiche similar al distribuido, pero que muestre las conductas a adoptar en la casa (esta actividad está dedicada a reutilizar las nociones vistas en esta sesión; puede considerarse como una evaluación formativa).
- Hacer un ejercicio de las medidas a adoptar simulando un sismo en la clase, cronometrando la salida del edificio después del primer remezón.

Sesión 2-10: ¿Cómo construir edificios resistentes? (1)

Tiempo	1 hora
Material	Para cada grupo: <ul style="list-style-type: none">• Una placa de poliestireno gruesa (al menos 4 cm)• Dos <i>varillas</i> de distintas longitudes, de un mismo material, a elección<ul style="list-style-type: none">- cartón grueso (por ejemplo, un calendario grande cortado en laminillas)- varillas de madera (tipo brochetas)- cajas de verduras- reglas de metal- otros (ver nota científica a continuación)• plasticina
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que se pueden construir edificios que resistan bien los sismos• Saber que la altura de un edificio no es un parámetro determinante
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Manipular, experimentar, formular hipótesis y probarlas, argumentar• Expresar, tratar resultados de una medición o de una investigación usando un vocabulario científico de forma escrita y oral
Dominio	Ciencias

Pregunta Inicial

Después de la sesión anterior, la clase recuerda la posibilidad de protegerse de los sismos construyendo edificios que resistan a los remezones.

El profesor pide a los alumnos reflexionar sobre las propiedades que deben tener los edificios para resistir.

Puesta en común

Los alumnos hacen diversas proposiciones:

- Utilizar materiales muy sólidos (duros), o, al contrario, bastante livianos.
- Construir edificios de poca altura.

- Ubicar los edificios sobre amortiguadores.

Proponemos comenzar esta investigación por el parámetro *altura*. Pues casi todos los niños (y muchos adultos) piensan, sin razón, que es preferible construir edificios de poca altura.

La clase reflexiona, colectivamente, para luego proponer la realización de un experimento que permita saber si la altura de un edificio juega un rol de resistencia a los remezones sísmicos.

Los alumnos pueden proponer manipulaciones simples, a partir de elementos apilados (como fichas de dominó u otros). El defecto de estas proposiciones es que semejantes *edificios* no son sólidos. Por esta razón, en vez de varios elementos apilados (que pueden deslizarse fácilmente), sería mejor un elemento único.

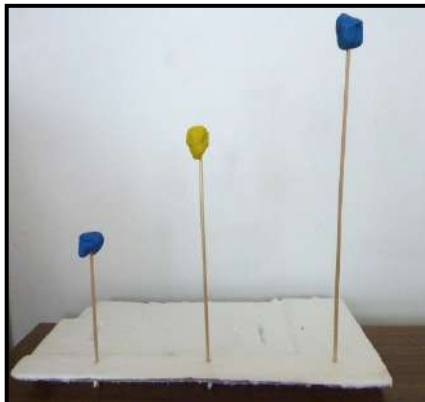
Es posible, por ejemplo, tomar varillas de diferentes alturas, afirmadas en un soporte que se hace mover horizontalmente. Se observa entonces cuáles son las varillas que oscilan más.

Nota científica

- Los materiales utilizados para las varillas no deben ser demasiado rígidos (si no, no hay oscilación), ni demasiado flexibles (si no, las oscilaciones son demasiado fuertes y las varillas se deforman).
- Para que la experiencia funcione correctamente, es necesario que las varillas estén sólidamente fijadas en el soporte.
- Grandes rodapiés de madera (60 cm para el más chico y 1,6 m para el más grande), atornillados sólidamente a un tablón, son ideales. Pero este material es bastante caro. Proponemos otras alternativas que funcionan bien (palos de brochetas o tiras de cartón grueso, de 10, 20, 30 cm de altura, fijados en una pieza de *poliestireno*³).
- Para dar un poco de peso a cada varilla, y también para visualizar mejor las oscilaciones, se puede añadir peso en la parte alta con un poco de plasticina.

³ Polímero termoplástico.

Investigación experimental



*Clase de CM1/CM2 de Sylvie Vernet
(Lyon)*



Los alumnos están repartidos en grupos y realizan el experimento recién explicado (cada grupo puede usar un material diferente: varillas de madera, de metal, de cartón, etc.). Se puede pedir a los alumnos que intenten primero provocar la oscilación de las varillas más largas, y luego de las más cortas. Poco a poco se dan cuenta de que la velocidad de la oscilación (no se habla de frecuencia en la escuela básica) es importante. En efecto, si se hace oscilar la plancha lo más lentamente posible, se observa que es la varilla más larga la que oscila más fuertemente. Si, al contrario, se provocan oscilaciones más rápidas, es la varilla más corta la que oscila más. Probando, se encuentra la frecuencia que permite hacer oscilar las varillas de tamaño intermedio.

Nota pedagógica

Un video de este experimento se encuentra en el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).

Puesta en común y conclusión

Colectivamente se comprueba que la rapidez de la vibración juega un papel importante. Los remezones rápidos hacen oscilar las varillas más cortas, y los remezones lentos las varillas más altas. La clase relaciona esto con la realidad y concluye que construir edificios de baja altura no es necesariamente más seguro que construir edificios elevados. Todo depende de la velocidad de la vibración del sismo.

El maestro explica a los alumnos que, en general, un sismo provoca diferentes vibraciones: algunas lentas, otras más rápidas. Esta conclusión se anota en los cuadernos de experimentos.

Nota científica

En realidad, los edificios elevados son, a menudo, más resistentes que las casas de baja altura, porque están hechos para que resistan vientos violentos. Su construcción es objeto de estudios y de vigilancia, pero los criterios de construcción son principalmente económicas más que físicas.

Sesión 2-11: ¿Cómo construir edificios resistentes? (2)

Tiempo	1 hora 15 minutos
Material	Para cada alumno: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia de la ficha 28 (Anexo)• Una fotocopia de la ficha 29 (Anexo) Para cada grupo <ul style="list-style-type: none">• Soportes (planchas, cartones, etc.)• A elección:<ul style="list-style-type: none">- Cubos, elásticos- Arena, cubeta, cajas grandes o tablones, varillas metálicas- Botellas de vidrio o lata de soda (o cualquier otro objeto cilíndrico que ruede bien), cubos
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que se pueden construir edificios que resistan bien los sismos• Saber que la estructura metálica de los edificios es eficaz• Saber que en un suelo blando se necesitan cimientos profundos para que los edificios resistan
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Manipular, experimentar, formular una hipótesis y verificarla, argumentar• Expresar y tratar los resultados de una medición o de una investigación utilizando un vocabulario científico de forma escrita y oral
Dominio	Ciencias

Pregunta Inicial

El profesor entrega a cada alumno una fotocopia de la ficha 28, que muestra importantes daños en dos edificios después de un terremoto. Anima una discusión colectiva con el objetivo de pensar en torno a lo que ocurrió en ambos edificios. El primero se ha hundido (problema en los cimientos), mientras que el segundo se ha quebrado (problema de cohesión de la edificación).

El maestro pregunta a los alumnos cómo se podría diseñar edificios que resistan mejor los sismos, considerando lo sucedido en los dos casos señalados recién. Se entregan varias pistas. Las principales son:

- Construir cimientos profundos si el edificio está construido en un suelo blando.
- Unir sólidamente entre sí los elementos del edificio, para que no se desplacen los muros, los unos respecto a los otros (lo que provoca el derrumbe del edificio). Los alumnos proponen, por ejemplo, edificios con cables muy sólidos.
- Colocar en el edificio un sistema amortiguador: ruedas, resortes.

Colectivamente, la clase busca verificar estas proposiciones mediante un experimento:

Investigación experimental

Los alumnos se dividen en varios grupos. Cada grupo verifica una sola proposición.

Dispositivo *cimiento*

El grupo que trabaja en relación con los cimientos toma dos objetos idénticos (del mismo tamaño y espesor). Cada uno representa un edificio. Se colocan en una cubeta llena de arena (suelo blando). Estos objetos pueden ser dos bloques de madera o dos tarros de mermelada (llenos de agua o de arena para que sean más pesados).

Bajo uno de los dos objetos se fijan varillas (mediante cola fría, clavos, tornillos) que representan cimientos. Uno de los dos edificios está entonces en suelo blando, en tanto que el otro está en un suelo duro (los cimientos tocan el fondo de la cubeta). Cuando se sacude la cubeta, el edificio que no tiene cimientos se hunde en la arena.



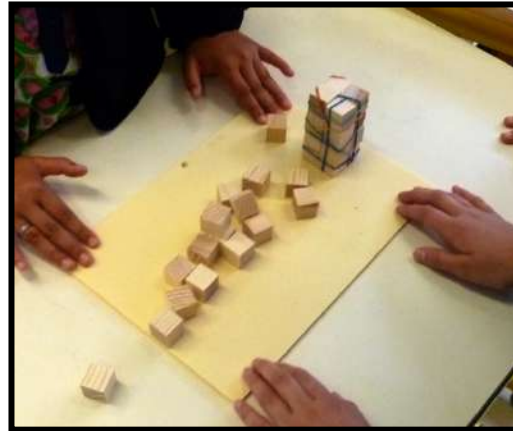
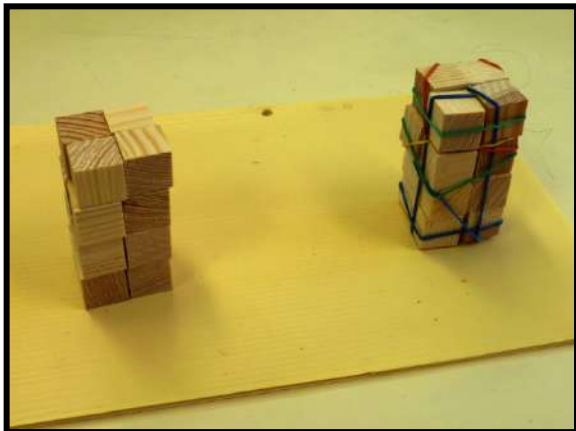
Clase de CM2 de Stéphanie Barbosa (Verniolle)

Dispositivo encadenado

Este grupo puede realizar un experimento muy simple con dominós, cubos de madera (incluso elementos más grandes como caja de pañuelos), y algunos elásticos.

Se construyen dos edificios apilando estos elementos. Uno de estos edificios es rodeado de elásticos (es el *encadenado*, o *contraviento*).

Cuando se provoca un remezón en el soporte, el edificio no encadenado se derrumba fácilmente.



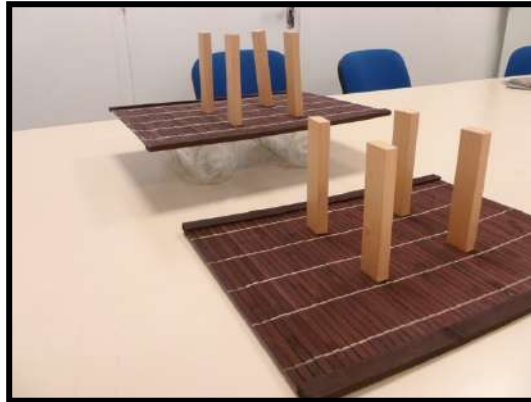
Clase de CM2 de Stéphanie Barbosa (Verniolle)

Se pueden verificar diferentes tipos de encadenamiento (horizontal, vertical, transversal, etc.).

Dispositivo amortiguadores

Los alumnos proponen diferentes tipos de dispositivos que permitan aislar el edificio de los remezones: amortiguadores, ruedas, etc. Estas proposiciones podrán ser verificadas si el material necesario está disponible.

Un experimento fácil de realizar consiste en colocar los *inmuebles* en un soporte ubicado en dos cilindros (botellas, por ejemplo). Cuando se produce el remezón, el soporte se desplaza entero, y los edificios vibran menos que si fueran ubicados directamente en el suelo.



Clase de CM1 de H el ene Gaillard (Paris)

Nota pedagógica

Los videos de estos experimentos est n disponibles en el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).

Puesta en común y conclusión

Después de organizar la puesta en común de las verificaciones hechas mediante los diferentes experimentos realizados, el maestro distribuye las fotocopias de la ficha 29, que describe algunas reglas elementales de construcción para-sísmica.

Nota científica

Este documento no es exhaustivo, sino que únicamente permite identificar los parámetros más importantes, que además pueden ser verificados experimentalmente en la escuela básica.

Luego, el profesor vuelve a la primera sesión, durante la cual los alumnos han destacado el hecho de que un sismo de igual magnitud puede tener diferentes efectos, dependiendo del contexto (construcciones para-sísmicas, preparación de la población, etc.).

La clase redacta colectivamente una síntesis y la anota en el cuaderno de experimentos.

Extensión

Realizar una maqueta de edificios para-sísmicos utilizando todos los parámetros estudiados.

Informarse sobre el tipo de construcciones que rodean la escuela, así como de la escuela misma y si se vive en una región sísmica.

Estudiar las soluciones aplicadas en diversos países a fin de prevenir el riesgo sísmico, para descubrir, particularmente, otros principios de construcción para-sísmicas (materiales, formas de edificios, etc.).

Extensión multimedia

La última animación multimedia creada para este proyecto es un ejercicio evaluado, en el cual algunas preguntas tratan del riesgo sísmico. Se accede a éste en el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).



Evaluación de la secuencia 2

Tiempo	1 hora
Material	Para cada alumno: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia de las fichas 30 a 33 (Anexo)• Una hoja de papel de calco• Una corchetera (para corchetear la hoja de papel de calco a la ficha 30)
Objetivo	valuarlos conocimientos y competencias adquiridas durante la Secuencia 2

Proponemos evaluar algunos conocimientos y competencias con relación al proceso de investigación a partir de un cuestionario y de documentos relacionados con el sismo de Loma Prieta, que se produjo el 17 de octubre 1989 en la bahía de San Francisco, en California.

Las competencias evaluadas son las siguientes:

- **Cultura científica y tecnológica:**
 - Practicar un proceso científico o tecnológico.
 - Practicar un proceso de investigación: saber observar, preguntar.
 - Manipular y experimentar, formular una hipótesis y testarla, argumentar, probar varias pistas de soluciones.
 - Expresar y tratar los resultados de una medición y de una investigación usando un vocabulario científico de forma oral y escrita.
- **Manejar los conocimientos necesarios en diversos dominios de la ciencia y aplicarlos en contextos científicos diferentes y en actividades de la vida diaria:**
 - El cielo y la Tierra: volcanes y sismos, los riesgos para las sociedades humanas.
 - Dominio del lenguaje.
 - LEER: Ubicar en un texto informaciones explícitas.
 - LEER: Inferir informaciones nuevas (implícitas).
 - ESCRIBIR: Responder a una pregunta mediante una frase escrita completa.
- **Cultura humanista:**
 - Tener referencias relevantes de tiempo y espacio.

- Conocer las principales características geográficas físicas, ubicarlas en mapas de diferentes escalas.

El protocolo de evaluación está compuesto de cinco fichas bibliográficas disponibles en el anexo (de la ficha 30 a la ficha 33). Los alumnos tienen una hora para responder individualmente las preguntas que contienen esas fichas.

Etapa 1

Descubrir y leer documentos

Pregunta	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Tener referencias relevantes de tiempo y espacio	Conocer las principales características geográficas físicas, ubicarlas en mapas a diferentes escalas	1

Tiempo estimado: 6 minutos

Decir a los alumnos:

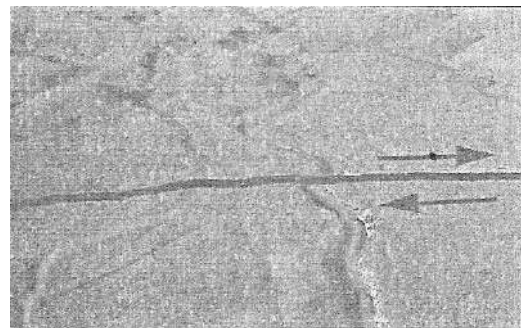
Primero, van a leer solos, atentamente, el texto del recuadro. Los invito a responder la primera pregunta planteada. Para esto les entregaré una hoja de calco, necesaria para responder esta pregunta.*

*El profesor puede leer aparte el texto y las preguntas a los alumnos que tienen dificultades con la lectura.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 1: Si uno de los ríos aparece en azul, la falla en rojo y las flechas están bien representadas.



Preguntas 2, 3, 4 y 5	Conocimientos y competencias a evaluar	Ítems
LEER	<ul style="list-style-type: none"> - Inferir informaciones nuevas (implícitas) - Señalar en un texto informaciones explícitas 	4 6
ESCRIBIR	Responder una pregunta mediante una frase escrita completa	5 – 7
Manejar los conocimientos necesarios en diversos dominios de la ciencia y aplicarlos en contextos diferentes y en la vida diaria	El cielo y la Tierra: volcanes y sismos, los riesgos para las sociedades humanas	2 - 3

Etapa 2

Comprensión de texto

Tiempo estimado: 5 minutos

Decir a los alumnos:

Con ayuda de los documentos, ustedes responderán las preguntas 2, 3, 4 y 5.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 2: La magnitud del sismo

Ítem 3: Un sismógrafo/un sismómetro

Ítem 4: El epicentro es el lugar donde un sismo se siente más fuertemente

Ítem 5: Redacción de una frase completa

Ítem 6: 16 kilómetros

Ítem 7: Redacción de una frase correcta

Etapa 3

Pregunta 6	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar un proceso científico o tecnológico	Formular una hipótesis	8
ESCRIBIR	Responder una pregunta mediante frase escrita completa	9

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos:

El código de colores del documento 1 indica la intensidad de los daños provocados por este sismo. Según ustedes, ¿por qué los daños son más importantes en la región de Santa Cruz que en las regiones de San Francisco o de Oakland?

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 8: La hipótesis se refiere al sismo y a los daños ocasionados. Una proposición que no hace referencia a la propagación de las ondas es aceptable

Ítem 9: Redacción de una frase correcta

Etapa 4

Pregunta 7	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar un proceso científico o tecnológico	Manipular y experimentar	10
Manejar los conocimientos necesarios en diversos dominios de la ciencia y aplicarlos en diferentes contextos científicos y actividades de la vida diaria	El cielo y la Tierra, volcanes y sismos; los riesgos para las sociedades humanas	11

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos:

Aquí tenemos el experimento realizado por una clase que trabaja en torno al problema de los sismos. Los alumnos deciden dar vuelta una caja grande de plástico en una mesa. Colocan encima pequeños montículos de arena mojada, alineados y espaciados. Luego, con un martillo, un alumno da un golpe fuerte en un punto de la caja. Para comprender bien la relación entre este experimento y lo que puede pasar en la realidad, respondan las cuatro preguntas planteadas.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 10 y 11: Si las cuatros preguntas se responden

El golpe sobre la caja = el sismo

El punto del impacto = el foco

Montículos de arena = las casas / los edificios

Caja revertida = la superficie del suelo

Etapa 5

Pregunta 8	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar un proceso científico o tecnológico	Formular una hipótesis	12
ESCRIBIR	Responder mediante una frase escrita completa	13

Tiempo estimado: 2 minutos

Decir a los alumnos:

¿Qué va a pasar con los montículos de arena cuando se dé un golpe en la caja? Redacten una frase que exprese lo que ustedes piensan, sus hipótesis.

Tiempo estimado: 2 minutos

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 12: La hipótesis se refiere a los montículos de arena

Ítem 13: Redacción de una frase correcta

Etapa 6

Pregunta 9	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar una conducta científico o tecnológico	Saber observar	14
ESCRIBIR	Responder a una pregunta con una frase escrita completa	15

Tiempo estimado: 2 minutos

Decir a los alumnos:

Aquí están los resultados del experimento realizado por la clase. Redacten una frase que exprese lo que observaron con respecto a los montículos de arena

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 14: Si el alumno hace referencia a los montículos de arena y si ha comprobado una evolución

Ítem 15: Redacción de una frase correcta

Etapa 7

Pregunta 10	Conocimientos y competencias a evaluar	Ítem
Practicar una conducta científico o tecnológico	Expresar y aplicar los resultados de una medición y de una investigación utilizando un vocabulario científico de forma oral y escrita	16
ESCRIBIR	Responder con una frase escrita completa	17

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos:

Ustedes han respondido a la pregunta 8 formulando hipótesis, es decir, lo que ustedes pensaban que iba a pasar durante el experimento que estamos siguiendo. Lo que ustedes han observado en relación con la pregunta 9 ¿confirma sus hipótesis?

No les pedimos que contesten con un sí o un no, sino además que precisen en breves palabras porqué lo que han observado respecto a la pregunta 9 corresponde o no a sus hipótesis sobre los montículos de arena.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 16: Si hay confrontación entre los resultados del experimento (pregunta 9) y las hipótesis propuestas (pregunta 8)

Ítem 17: Redacción de una frase completa

Etapa 8

Pregunta 11	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar una conducta científica o tecnológica	El cielo y la Tierra, volcanes y sismos, riesgos para las sociedades humanas	18

Tiempo estimado: 2 minutos

El profesor lee las indicaciones y las preguntas, una tras otra, dejando a los alumnos tiempo para responder entre cada pregunta. Pide a un alumno que lea la pregunta y las proposiciones.

Corrección y codificación

Código: 1

Ítem 18: si el alumno ha respondido a las tres proposiciones:

- a) Verdadero
- b) Falso
- c) Verdadero

Etapa 9

Pregunta 12	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Manejar los conocimientos necesarios en diversos dominios de la ciencia y aplicarlos en contextos científicos diferentes y en actividades de la vida	El cielo y la Tierra, volcanes y sismos, riesgos para las sociedades humanas	19

diaria		
ESCRIBIR	Responder a una pregunta mediante una frase completa	20

Tiempo estimado: 2 minutos

Decir a los alumnos:

En el experimento, el golpe es provocado con un martillo. Redactar una frase para explicar lo que produce un temblor o un terremoto en la realidad.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 19: Un sismo es producido por una falla o un movimiento violento de la roca

Ítem 20: Redacción de una frase correcta

Etapa 10

Pregunta	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar una conducta científica o tecnológica	Argumentar	21
ESCRIBIR	Responder a una pregunta mediante una frase completa	22

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos:

Explicar cómo esta experiencia permite comprender lo que se produjo durante el sismo de Loma Prieto.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem: La respuesta se refiere al hecho de que durante un sismo se generan vibraciones y que estas se propagan (de manera concéntrica). Esto explica el hecho de que el sismo se haya sentido en Santa Cruz, así como en San Francisco y Oakland.

La respuesta puede también aludir a la atenuación de las vibraciones al alejarse del epicentro para explicar que el sismo se haya sentido fuertemente en Santa Cruz y un poco menos en San Francisco y Oakland (ver documento 1).

Ítem 22: Redactar una frase correcta.

Etapa 11

Pregunta	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Manejar conocimientos necesarios en diversos dominios de la ciencia y aplicarlos en diferentes contextos científicos y en actividades de la vida diaria	El cielo y la Tierra, volcanes y sismos, los riesgos para las sociedades humanas	23-24
ESCRIBIR	Responder a una pregunta mediante una frase escrita completa	25

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos:

Hemos visto que un sismo puede provocar numerosos daños. Para protegerse, es necesario saber cómo reaccionar en caso de que se produzca uno. Las preguntas 14 y 15 tratan de los comportamientos adecuados en caso de temblor y terremoto. Respondan a estas dos preguntas.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 23: Me refugio debajo de un mueble sólido hasta que pase el remezón

Ítem 24: La respuesta se refiere al hecho de que no hay que llamar por teléfono durante un temblor o terremoto. Las líneas telefónicas deben permanecer libres para el socorro

Ítem 25: Redactar una frase correcta

Secuencia 3: *Tsunamis*

Esta breve secuencia comienza con una revisión bibliográfica que permite definir lo que es un *tsunami*. Siguen varias sesiones experimentales y una animación multimedia que facilitan la comprensión de los diferentes mecanismos que producen las olas y explican porqué un *tsunami* pierde velocidad y toma amplitud al acercarse a las costas. El curso estudia luego la localización de los *tsunamis* para conocer las zonas de riesgo (en particular en el litoral francés) y las conductas a seguir.

Sumario detallado:

Sesión 3-1. ¿Qué es un *tsunami*?

Sesión 3-2. ¿Cómo crear una ola?

Sesión 3-3. Relación entre la velocidad de una ola y la profundidad del agua

Sesión 3-4. Balance multimedia

Sesión 3-5. ¿Cómo protegerse?

Evaluación de la secuencia 3

Sesión 3-1: ¿Qué es un *tsunami*?

Tiempo	1 hora
Material	Para cada alumno: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia de la ficha 34 (Anexo)• Una fotocopia de la ficha 35 (Anexo)• Un planisferio Para la clase: Opcional: un video-proyector
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que un <i>tsunami</i> es un conjunto de olas de gran altura que rompen en las costas• Saber que un <i>tsunami</i> causa importantes daños en las costas
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Conocer las principales características geográficas físicas; ubicarlas en mapas a diferentes escalas• Leer y utilizar mapas• Conducir una investigación: saber observar, cuestionar• Expresar y analizar los resultados de una investigación utilizando el vocabulario científico de forma escrita y oral• Localizar en un texto informaciones explícitas• Inferir informaciones nuevas (implícitas)
Dominio	Geografía
Vocabulario	Inundación, marejada, <i>tsunami</i> , romper (las olas)

Situación desencadenante

El profesor distribuye para cada alumno una fotocopia de la ficha 34, que muestra dos imágenes satelitales, antes y después de la llegada del *tsunami* en Indonesia, en 2004.

Si se dispone de un video-proyector, proyectar esta ficha en colores (las fichas documentales en colores están disponibles en el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).

Los alumnos, de manera individual, deben describir lo que ven y luego lo que ha podido ocurrir .

Nota pedagógica

- El sitio de SERTIT (Servicio Regional de Tratamiento de Imagen y de Teledetección) propone abundantes documentos de gran calidad, provenientes de las cartografías del satélite Spot, y relativos a numerosas catástrofes naturales (mapas de referencia, de impacto...): <http://sertit.u-strasbg.fr/> (clickear en *service de cartographie rapide*).
- Otra situación desencadenante posible –más próxima en el tiempo que el *tsunami* de 2004– es la derivada del *tsunami* de Japón ocurrido en marzo de 2011. Una muy buena animación, en esta página, permite comparar las imágenes de antes y después... (deslizar el cursor de izquierda a derecha para ver la evolución): <http://www.nytimes.com/interactive/2011/03/13/world/asia/satellite-photos-japan-before-and-after-tsunami.html>

Puesta en común

El profesor anota las respuestas de los alumnos en el pizarrón y se preocupa de que cada uno explicita el sentido del vocabulario que emplea: inundación, marejada, *tsunami*. El profesor plantea algunas preguntas con el objetivo de que se expresen los alumnos y esbocen un comienzo de explicación de este fenómeno: *¿Qué es esto? ¿Cómo ha podido subir el mar?* Algunos alumnos que han tenido la experiencia de las mareas, pueden pensar que se trata de un fenómeno *normal*, cotidiano.



Clase de CM2 de Anne-Marie Lebrun (Bourg-la-Reine)

A continuación se ven las regiones afectadas:

Nota pedagógica

Debido a la cobertura que tuvo en los medios de comunicación el *tsunami* de marzo de 2011 (Japón), los alumnos han adquirido un vocabulario específico (*tsunami*, magnitud, epicentro), pero no dominan su sentido. En esta etapa, ellos confunden a menudo un *tsunami* con una tempestad.



Investigación bibliográfica

El maestro distribuye un segundo documento (ficha 35), que consiste en un testimonio y un artículo que relatan la llegada del *tsunami* que golpeó a Asia el 26 de diciembre de 2004, y sus consecuencias.

El trabajo consiste, primero, en una lectura libre del texto, y luego los alumnos pueden subrayar las palabras difíciles.

Nota pedagógica

El *tsunami* de 2004 fue particularmente mortal. Numerosos testimonios (textos, fotos, videos) están disponibles en Internet. Una selección de estos videos se encuentra en línea en el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).

Puesta en común y conclusión

El profesor pide a algunos alumnos comentar su lectura de este documento: *¿Qué aprendieron? ¿Hay palabras que no comprenden? ¿Qué pasó exactamente?*

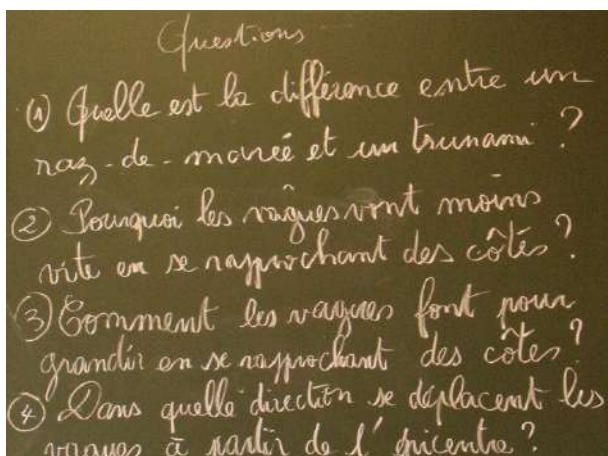
Anima luego una discusión colectiva a fin de caracterizar el fenómeno descrito. El maestro pone especial atención en la aparición de los siguientes puntos:

- Un *tsunami* se produce en un lugar preciso, pero puede tener efectos a gran escala en costas muy lejanas.
- Mar adentro, un *tsunami* no es perceptible (se retomará este punto en la Sesión 3-4).
- El *tsunami* se propaga muy rápidamente, lo que hace muy difícil alertar a las poblaciones (la velocidad de propagación será estudiada en la Sesión 3-3; no se entra en detalle aquí).

La clase discute los efectos devastadores que pueden tener los *tsunamis* y redacta una definición de este fenómeno. Un ejemplo de definición puede ser: *un tsunami es un conjunto de olas de gran altura que rompen en las costas. Un tsunami causa importantes daños cerca de las costas: inundaciones, destrucciones, muertes...*

El profesor incita a los alumnos a explicitar las preguntas que ellos se hacen con respecto a los *tsunamis*

(algunos ejemplos de estas preguntas: *¿Cuál es la diferencia entre un tsunami y*



Clase de CE2/CM1/CM2 de marc Rudeau (Serre-sur-Arget)

una marejada? ¿En qué dirección se desplaza la ola? ¿Por qué la velocidad de la ola disminuye al acercarse a la costa?). Esas preguntas se anotan en un papelógrafo. Las respuestas serán propuestas a medida que progresan las sesiones. Si la pregunta sobre el origen de los *tsunamis* no ha sido mencionada, el profesor la hará: ¿cómo pueden formarse tamañas olas?

Notas científicas

- ¿*Tsunami* o marejada? El término *marejada* no es usado hoy por los científicos, ya que es muy impreciso: hace referencia no solamente a las inundaciones debidas a muy fuertes mareas, sino también a las tempestades u otros fenómenos meteorológicos. El término *tsunami* se refiere a una onda (se dice *de gravedad*, porque tiene una gran longitud de onda; ver nota más abajo) que, casi invisible mar adentro, toma altura y rompe en las costas, causando importantes daños. Las causas de un *tsunami* son a menudo un sismo bajo el mar o un importante movimiento del terreno (producido, por ejemplo, por el colapso de una parte de un volcán que cae en el océano, durante una erupción).
- ¿*Tsunami* o tempestad? Lo que distingue fundamentalmente a un *tsunami* de una gran ola (producida durante una tempestad o en un spot de surf) es la gran longitud de onda, es decir, la distancia entre dos crestas o dos huecos de la onda. Se puede igualmente pensar en el *período* de la onda –el tiempo que separa la llegada de dos crestas o dos huecos.
 - Una gran ola de oleaje tiene un periodo de 10 segundos o, dicho de otro modo, una longitud de onda de algunas decenas de metros (100 metros para una tempestad). El rompimiento de esta ola transporta un *pequeño* volumen de agua. Esta agua penetra tierra adentro a una distancia casi igual a la longitud de onda (si el terreno es plano). Entonces, algunas decenas de metros.
 - Un *tsunami* tiene un período de 20 minutos, o una longitud de onda de 10 km. La cantidad de agua contenida en la ola es, pues, gigantesca. Nada puede detener esta agua cuando rompe la ola, penetra tierra adentro, a una distancia de varios kilómetros.

Extensión multimedia

La primera animación creada para este proyecto se titula *Vivir con el riesgo*. Se trata de un film de animación que cuenta la historia de las catástrofes pasadas y los medios que han encontrado los hombres para protegerse de ellas. Se accede vía el sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).



Sesión 3-2: ¿Cómo crear una ola?

Tiempo	1 hora
Material	Para cada grupo: <ul style="list-style-type: none">• Agua• Un trapero• Una cubeta o un acuario (de dimensiones grandes si es posible)• Objetos pequeños (por ejemplo, pelotas de ping-pong) Para la clase: <ul style="list-style-type: none">• Un molde de silicona (o una gran bandeja de aluminio)
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que un tsunami puede causarlo un sismo, una erupción volcánica o un importante deslizamiento de tierra en el mar• Saber que un tsunami no es una ola aislada, sino un conjunto de olas
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Manipular, experimentar, formular una hipótesis y verificarla, argumentar• Expresar, aplicar resultados de una investigación utilizando un vocabulario científico de forma escrita y oral• Probar varias pistas de solución
Dominio	Ciencias

Notas científicas

- Para crear un tsunami se necesita una perturbación cuya dimensión sea comparable a la profundidad del agua. En relación con las dimensiones del océano, se requiere una perturbación del orden de kilómetros. Un sismo bajo el mar, de una magnitud $>6,5$, crea una deformación vertical de varias decenas de centímetros –incluso varios metros–, extendida en una distancia de varios kilómetros: esta dimensión, siendo comparable, e incluso superior, a la profundidad del océano, engendra un *tsunami*. Importantes movimientos del terreno en el fondo marino o después de una erupción volcánica, pueden tener los mismos efectos.
- Es difícil modelar exactamente un *tsunami* con pequeños dispositivos experimentales. Por supuesto (ver más arriba), la perturbación debe ser del mismo orden de magnitud que la profundidad. Pero tirar una piedra en un acuario no es suficiente. Un *tsunami* es una *onda de gravedad* que pone en movimiento la totalidad del líquido y no solamente en superficie. Para crear un *tsunami* en un

acuario, es necesario que el recipiente tenga longitud suficiente (algunos metros), de modo que la gravedad pueda cumplir su rol. Una bandeja de algunas decenas de centímetros no permite crear un *tsunami*, sino únicamente una ola de *superficie*, análoga a un oleaje. Esto no es un problema en esta sesión, pero limita la pertinencia de las analogías que se puedan hacer (ver las dos sesiones siguientes).

Pregunta inicial

El profesor recuerda el cuestionamiento procedente de la sesión anterior y explica que antes de comprender como crear un *tsunami* hay que tratar de comprender cómo se crea una ola.

Esta pregunta es de muy fácil respuesta y puede ser tratada muy rápidamente en una clase completa, ya que los alumnos tienen la costumbre de crear olas (piscina, baño, etc.). Para esto, es posible realizar diversas acciones, como por ejemplo:

- Lanzar un objeto al agua
- Sacar un objeto del agua
- Hacer movimientos en el agua
- Soplar en la superficie del agua
- Sacudir un recipiente con agua...

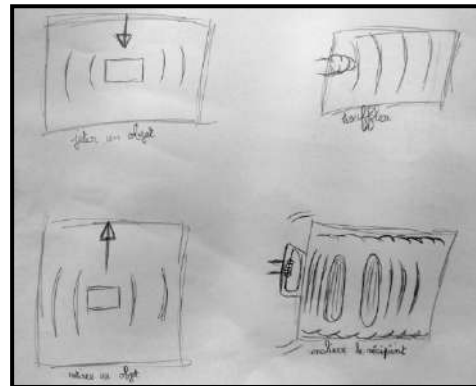
Investigación experimental

Los alumnos, repartidos en grupos, realizan algunos experimentos para crear olas, según los ejemplos señalados recién. Si es posible, es preferible realizar estos experimentos fuera de la sala o laboratorio, por la proyección del agua.

Para que el experimento sea más interesante, es posible solicitar a los alumnos que encuentren, para cada acción, una forma de medir la velocidad de las olas, o una manera de crear varias veces seguidas olas iguales. Los alumnos deben también observar la forma de las olas creadas. Para incitarles a esto, se puede pedir, previamente, dibujar las olas que van a obtener; y comparar estos dibujos con los obtenidos después de los experimentos.

- Lanzar un objeto al agua:
 - Ensayar con el peso del objeto o la altura de la caída. Es preferible tal vez *soltar*, más que *lanzar*, para no tener otro parámetro que considerar y que es difícil controlar: la fuerza con la que se lanza.
 - Olas concéntricas.
- Sacar un objeto del agua (una pelota, por ejemplo):
 - Ídem.

- Hacer movimientos en el agua:
 - Ensayar con el tamaño del objeto en movimiento, con la amplitud y la velocidad de los movimientos.
 - Se pueden obtener olas *rectilíneas*.
- Soplar en la superficie del agua:
 - Ensayar con la *fuerza* del soplido –pueden soplar varias personas.
 - ¡Atención! No conectar aparatos eléctricos (secadores, ventiladores): su contacto con el agua ¡es peligroso!
 - Se pueden obtener olas rectilíneas si todo el mundo sopla en la misma dirección.
- Sacudir el recipiente:
 - Ensayar con la cantidad de remezones, su amplitud, su dirección, etc.
 - Se pueden obtener olas rectilíneas, muy fáciles de seguir, inclinando el recipiente y luego poniéndolo en forma vertical de nuevo. Es ideal para medir las velocidades.



Clase de CM2 de Anne-Marie Lebrun (Bourg-La-Reine)

Nota pedagógica

Una actividad como esta puede fácilmente distraer a los alumnos, sobre todo si consideran el trabajo algo muy trivial. Por eso, es interesante dibujar antes y después (lo que les obliga a observar bien) y medir la velocidad (lo que los obliga a no hacer olas demasiado gruesas; de lo contrario no verán nada).

Puesta en común

La puesta en común permite relacionar estos experimentos con lo que se puede observar en la realidad:

- La primera constatación es que nunca se crea solamente una ola, sino varias.

El viento es considerado como causa de las olas presentes en las grandes superficies (lagos, mares, océanos).

- El experimento de la caída de un objeto muestra que mientras más grande es el objeto, más altas son las olas creadas.
- El maestro hace un pequeño balance de lo que se ha visto hasta el momento. *Se ha visto que las olas pueden ser creadas por la caída de un objeto, un movimiento de aire, o movimientos en el agua. Según ustedes, ¿qué es lo que hace posible producir un tsunami?*

El objetivo del experimento es constatar que dos fenómenos pueden causar un *tsunami*: la caída de un cuerpo rocoso (muy masivo, como un bloque montañoso que sigue a un movimiento de terreno o una erupción volcánica) o un desplazamiento brutal de rocas (sismo submarino que modifica el fondo del océano).

La idea del sismo como precursor de un *tsunami* emerge sin dificultad, en razón del estudio bibliográfico realizado en la sesión anterior. Sin embargo, no se sabe todavía cómo un sismo puede causar un *tsunami*.

El experimento -más abajo- permite modelar el fenómeno.

Nota científica

El impacto de un meteorito, aunque sea poco probable, puede también provocar un gran *tsunami*. El impacto que ocurrió en México (Yucatán), hace 65 millones de años, provocó un *mega-tsunami*, que inundó toda América del Norte. ¡Los dinosaurios norteamericanos murieron ahogados!

Nota pedagógica

Es posible que algunos alumnos no hagan diferencias entre una ola *normal* – producida por el viento en el mar– y un *tsunami* (producido por un movimiento del terreno o un sismo), o que no estén convencidos del papel que desempeña el viento en los océanos. El maestro puede entonces mostrar varios boletines meteorológicos. Se constata que, cada vez que el mar está agitado, hay fuertes vientos mar adentro.

Investigación experimental

Para modelar la formación de un *tsunami* después de un sismo submarino –que cambia la geometría del fondo del océano–, es necesario utilizar un recipiente cuya forma pueda ser modificada. Un molde de silicona –o una bandeja de aluminio– es perfecto para el experimento.

La clase realiza el experimento colectivamente. Después de poner el agua en el molde –y esperar que se inmovilice–, un alumno da un pequeño golpe por debajo. Para esto, colocar el molde entre dos mesas o en una mesa perforada. El fondo se deforma y se genera una ola.

Conclusión

Una conclusión es redactada colectivamente y anotada en el cuaderno de experimentos. Ejemplo de conclusión: *Cuando el fondo marino se modifica (por un sismo submarino) o cuando una gran masa cae en el océano (durante una erupción volcánica o un movimiento del terreno), se puede crear un tsunami.*

Sesión 3-3: Relación entre la velocidad de una ola y la profundidad del agua

Tiempo	2 horas
Material	Para cada grupo: <ul style="list-style-type: none">• Agua• Un recipiente rectangular (lo más grande y largo posible: altura mínima, 10 cm; por ejemplo, un acuario, una jardinera o una bandeja)• Un cronómetro Para la clase: <ul style="list-style-type: none">• Un computador conectado a Internet o la fotocopia de la ficha 36 (Anexo)
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que a mayor profundidad, más rápidamente se propagan las olas• Saber que un <i>tsunami</i> se propaga muy rápido mar adentro (alrededor de 900 km/h) y disminuye su velocidad acercándose a las costas (20 a 40 km/h)
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Manipular, experimentar, formular una hipótesis y verificarla, argumentar• Expresar, tratar los resultados de una medición o de una investigación utilizando un vocabulario científico de forma escrita y oral• Colocar en el ensayo varias pistas de solución• Leer, interpretar, construir algunas representaciones simples: cuadros, gráficos• Saber organizar informaciones numéricas, apreciar la verosimilitud de los resultados
Dominio	Ciencias

Pregunta inicial

El maestro pide a los alumnos retomar los testimonios de la Sesión 3-1, interesándose en la rapidez del fenómeno.

¿A qué velocidad ocurre?

Los alumnos evidencian una contradicción: el primer testimonio parece decir que las olas rompieron en la costa a 40 km/h, mientras que el artículo habla de una velocidad mucho mayor (800 km/h: la velocidad de un avión) mar adentro.

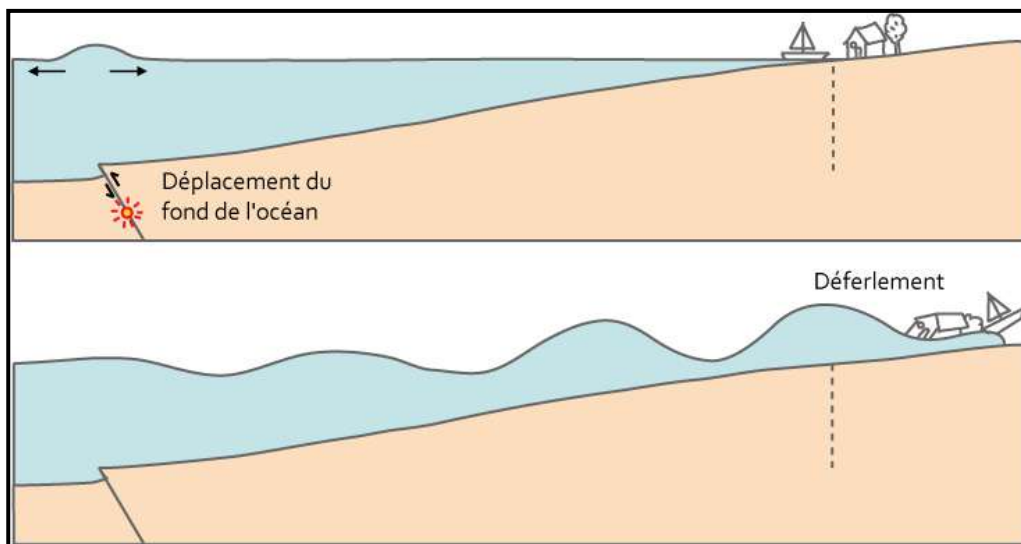
Puesta en común

En el pizarrón, el maestro hace un esquema (como el de más adelante), en el cual da cuenta de algunas de las velocidades recordadas más arriba.

El profesor pregunta entonces a los alumnos, colectivamente, *¿por qué estas olas bajaron su velocidad?* Dos hipótesis surgen en general:

- La profundidad (*al llegar cerca de las costas, hay menos agua, lo que molesta a la ola y entonces enlentece*);
- Una pérdida del impulso (*cuando la ola se aleja del epicentro pierde impulso y enlentece*).

Los alumnos deben encontrar entonces una manera de comprobar estas dos hipótesis. Para la primera se trata de concebir un experimento que permita ver si la



profundidad del agua juega un rol en la velocidad de la propagación de las olas.

Para la segunda se necesitaría, por ejemplo, mirar la evolución de la velocidad de un *tsunami* cuando se aleja del epicentro, pero yendo hacia mar adentro más que hacia la costa (volveremos a esto al final de la sesión).

Investigación experimental

Los alumnos se reparten en grupos e investigan el rol de la profundidad.

Un experimento posible consiste en tomar un gran recipiente de fondo plano (acuario, jardinera, cubeta, bandeja) en el cual se pone un fondo de agua (de algunos milímetros).

Se producen olas, de las cuales se mide la velocidad. Para esto, es suficiente seguir una ola y medir el tiempo que toma en dar algunas vueltas (siempre el mismo número), pues esta ola se refleja en sus paredes.

Se comienza este experimento con 0,5 cm de agua; luego con 3 cm, 1 cm, 2 cm, 4 cm, etc.

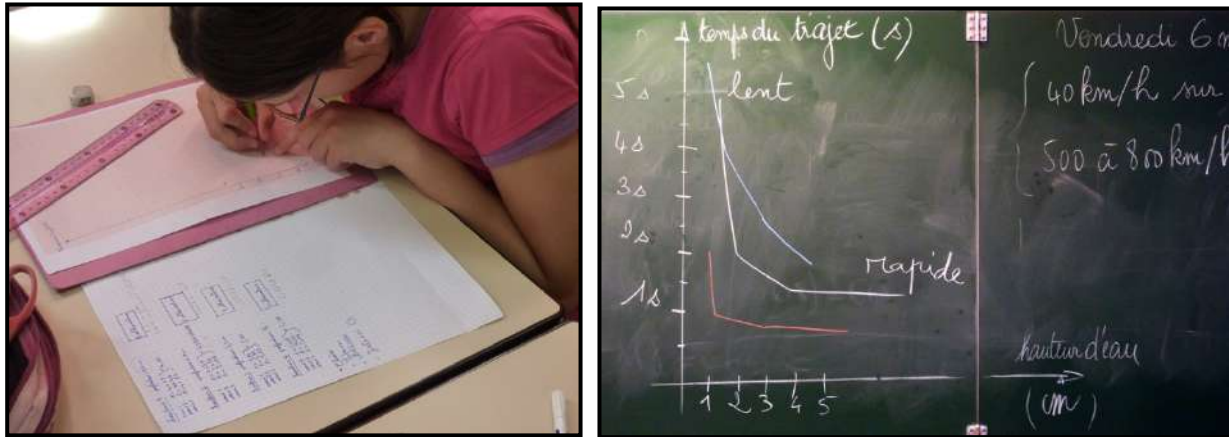
Notas científicas

- Tomar de preferencia un recipiente rectangular (bandeja de acero o un objeto similar, incluso de mayor profundidad), inclinar y luego volver a su posición original: se obtiene así una ola rectilínea fácil de seguir y medir en el recipiente. Con una ola circular es mucho más difícil.
- Un video de este experimento está disponible en el sitio internet del proyecto (ver al final del libro).

Varias mediciones son necesarias para cada profundidad (y así evitar eventuales errores). Puede ser útil preparar con anterioridad un cuadro, que los alumnos podrán llenar, a fin de ganar tiempo.

Profundidad	Tiempo de trayecto		Media del tiempo de trayecto
0,5 cm	Medida 1		
	Medida 2		
	Medida 3		
1 cm	Medida 1		
	Medida 2		
	Medida 3		
...			

El profesor pide a los alumnos que ubiquen estas medidas en un gráfico, y distribuye papel milimétrico. La clase conversa colectivamente acerca de la



Clase de CM2 de Anne-Marie Lebrun (Bourg-La-Reine)

elección de los ejes y escalas. Se pueden ubicar todos los puntos en el gráfico o bien, decidir la colocación de un solo valor para cada profundidad. En este caso, el profesor pregunta cuál valor se debe colocar. Si los alumnos no tienen idea, propone calcular el valor promedio de las diferentes medidas y colocar solamente estos promedios en el gráfico.

Notas pedagógicas

Esta parte de la sesión –cálculo de medias, representación gráfica– se acerca a un trabajo matemático. Se puede ir todavía más lejos en este sentido, y calcular la velocidad en km/h de las olas producidas (prever media hora más en la duración de la sesión). Este cálculo no es fácil, aun para una clase de CM2. Un método que permite llegar a esto consiste en:

- 1) calcular la distancia recorrida en 1 segundo (en cm).
- 2) convertir esta distancia en km (lo que nos arroja la velocidad en km/s).
- 3) multiplicar por 3.600 para obtener la velocidad en km/h.

A medida que aumenta la profundidad, el tiempo de trayecto disminuye, lo que significa que aumenta la velocidad.

Puesta en común

Cada grupo designa un representante que expone los resultados de sus experimentos. La constatación es: a medida que aumenta la profundidad del agua, las olas se propagan más rápidamente.

Investigación bibliográfica

La segunda hipótesis mencionada más arriba (un *tsunami* disminuye su velocidad, porque *pierde su impulso*) es fácil de revocar. Se puede hacer esto estudiando la propagación a gran escala de un *tsunami*, ya sea viendo un video (en línea en el sitio Internet del proyecto, ver al final del libro); o utilizando la ficha 36, que muestra la propagación de un *tsunami* a través de los océanos Índico y Pacífico.

Esta actividad puede ser realizada colectivamente o por grupos.

En los dos casos (video o documento) se comprueba que un *tsunami* no baja su velocidad mar adentro. Enlentece solamente cuando se acerca a la costa. Es entonces, cuando la profundidad es la que importa y no el alejamiento del epicentro.

Conclusión

Un *tsunami* se propaga muy rápidamente mar adentro y enlentece a medida que se aproxima a las costas, porque disminuye la profundidad del mar.

Notas científicas

- El hecho de que la velocidad de una ola dependa de la profundidad no es propio solamente de los *tsunamis*. Es el caso para todas las olas, a condición de que la profundidad sea baja comparada con la longitud de onda de la ola. Para un *tsunami* (longitud de onda: 10 km o más), es siempre el caso, aun mar adentro. Para una ola de oleaje *normal* (longitud de onda de algunos metros o decenas de metros), este fenómeno aparece solamente cerca de la costa, cuando la profundidad es muy baja.
- La disminución de velocidad de un *tsunami* al aproximarse a las costas provoca una disminución de la longitud de onda, que pasa de algunas centenas de kilómetros, mar adentro, a algunas decenas de kilómetros en la costa. Este factor 10, o más, tiene una consecuencia sobre la altura de la ola: la altura aumenta proporcionalmente. Un *tsunami*, mar adentro, es una ola de apenas 1 metro de altura, ¡pero esta ola puede fácilmente medir 10 metros en la costa!
- A pesar de la disminución de la velocidad del *tsunami* al aproximarse a las costas, el período de la onda permanece constante. Alrededor de 20 minutos, aproximadamente, separan a dos olas consecutivas.

Sesión 3-4: Balance multimedia

Tiempo	1 hora
Material	<ul style="list-style-type: none">• Sala informática• Opcional, variante experimental:<ul style="list-style-type: none">- 1 acuario grande- 1 cámara de video numérica
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que un <i>tsunami</i> adquiere altura al aproximarse a las costas (mientras más disminuye la profundidad, mayor es la altura)• Saber que a veces –pero no siempre– la llegada de un <i>tsunami</i> es precedido de una fase de retracción del mar. Este hecho debe ser interpretado como una señal de peligro
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Leer un documento numérico• Expresar, analizar los resultados de una investigación utilizando un vocabulario científico de forma oral y escrita
Dominio	Ciencias

Esta sesión se apoya en una animación multimedia, creada por *La mano en la masa* y *Universcience*, que puede ser descargado desde el espacio *alumno* del sitio Internet del proyecto (ver al final del libro).

Se puede también realizar este estudio bajo la forma de una sesión experimental, si es que se dispone del material necesario (ver la variante propuesta al final de la sesión).

Presentación

El profesor pide a la clase retomar uno de los testimonios de la Sesión 3-1, en particular la frase que habla de los pescadores que están en alta mar, lejos de las costas, y no se han dado cuenta de nada. Explica a los alumnos (o les pide investigar) la etimología de la palabra *tsunami*. Este nombre viene de dos palabras japonesas: *ola* y *puerto*. Un *tsunami* designa un conjunto de olas que golpean el puerto, pero que no son perceptibles mar adentro.

El maestro pide una explicación para este fenómeno. En razón de la similitud de esta pregunta con la de la sesión precedente, los alumnos no tienen dificultades en imaginar que la profundidad del agua puede también influir en la altura de la ola.

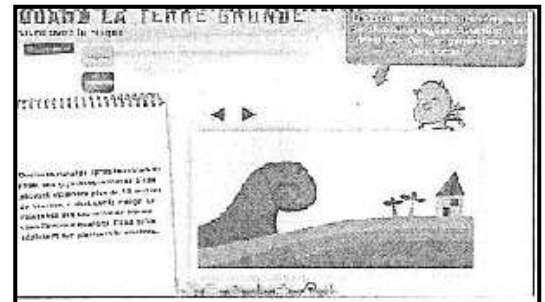
Los alumnos proponen un dispositivo experimental que permita testear esta hipótesis. Este es elaborado colectivamente. El profesor explica entonces que el experimento es difícil de realizar –pero nada impide probarlo, por supuesto– y propone, por esta razón, realizarlo *virtualmente*, vía una animación multimedia.

Realización y desarrollo de la sesión

Los alumnos se reparten en grupos, idealmente en parejas. Cada grupo tiene un computador a disposición, con la animación cargada en pantalla.

La animación interactiva se desarrolla en varias fases:

- Primero, los alumnos visualizan cómo una ola se produce, se propaga, y toma amplitud cuando la profundidad disminuye.
- Luego, aparece un *tsunami* –generado por un sismo submarino–, y reciben informaciones sobre la conducta adecuada.



El profesor pide a los alumnos que observen bien lo que pasa cuando se acerca a la costa: se ve que la ola baja su velocidad (ver sesión precedente), pero que también se levanta. Se constata igualmente que la ola es precedida de un *hueco* análogo al repliegue del mar recordado en el testimonio de la Sesión 3-1.

Nota científica

- El repliegue del mar antes de la llegada de un *tsunami* no es sistemático, pero es frecuente. Cuando el fondo marino se deforma –lo que causa un *tsunami*– un lado se encuentra levantado, y el otro lado achatado. Cuando está próximo al epicentro, si el litoral está del lado achatado, el hueco de la ola llega primero: se tiene un repliegue importante del mar. Si el litoral está del lado levantado, entonces no se observa repliegue previo. Cuando está lejos del epicentro, por el contrario, se observa siempre un repliegue previo, pero débil.
- Este repliegue del mar no se debe confundir con una marea descendente: la marea toma varias horas en descender. El repliegue anunciador, en cambio, ocurre en algunos minutos.

El profesor puede contar la historia de Tilly Smith, niña de 11 años, que estando de vacaciones en Phuket, en diciembre de 2004, vio retirarse el mar rápidamente y previno a su familia y a los socorristas de la llegada inminente de un *tsunami*. Ella había estudiado este fenómeno algunas semanas antes en clases. La playa pudo ser evacuada justo a tiempo, lo que salvó la vida de decenas de personas.

Conclusión

La clase redacta una conclusión colectivamente, como por ejemplo: *A medida que disminuye la profundidad del agua, la altura de la ola aumenta. A menudo, la llegada del tsunami está precedida de una fase de repliegue del mar. Tal repliegue debe ser interpretado como un signo de peligro.*

Variante experimental

El estudio de la relación entre profundidad del agua y altura de la ola puede hacerse de manera experimental. Para esto se necesita un gran recipiente transparente (más grande que los acuarios que se tienen en general en los colegios; un metro de largo es el mínimo). Se requiere además, obligatoriamente, una cámara de video numérica, pues el efecto medido –cambios de altura de la ola– es débil, y el fenómeno es demasiado rápido para ser observado a simple vista.

Por estas dos razones, proponemos este experimento bajo forma de variante, porque pocas clases podrán efectivamente realizarlo.

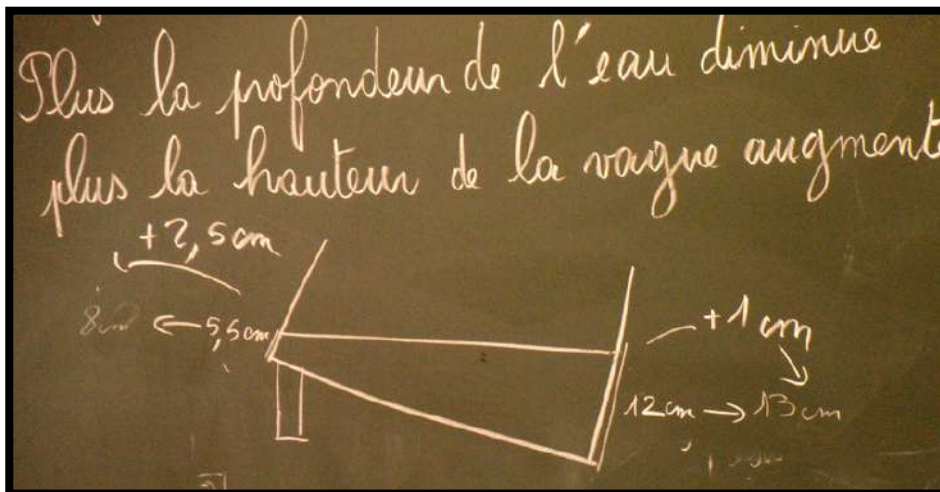
La sesión comienza con el mismo cuestionamiento que el descrito al comienzo de la sesión, pero ahora el experimento se realiza colectivamente.

Para simular la proximidad de la costa basta con inclinar el recipiente, lo que tiene por consecuencia la obtención de una profundidad más elevada de un lado del recipiente que la del otro lado.

Se genera una ola retirando un objeto previamente puesto en el agua y se filma la propagación de la ola. Colorear el agua hace más fácil esta observación. Además, se colocan en los dos costados de la bandeja, dos objetos pequeños de madera que permitirán, por la persistencia de un trazo húmedo, visualizar la altura máxima alcanzada por la ola.



A la izquierda, donde la profundidad es menor (debido a la inclinación del recipiente), la altura de la ola es más importante que aquella de la derecha. Este efecto no se nota mucho debido al tamaño del recipiente. Idealmente, se debe utilizar un acuario de varios metros de largo para modelar el tsunami.



Clase de CE2/CM1/CM2 de Marc Rudeau (Serres-sur-Arget)

Es indispensable filmar el experimento y así poder ver luego el video en cámara lenta. Esto permite constatar la variación de la altura de la ola, como también su enlentecimiento.

Sesión 3-5: ¿Cómo protegerse?

Tiempo	1 hora
Material	Para cada alumno: <ul style="list-style-type: none">• Una fotocopia de la ficha 37 (Anexo)
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Saber que los <i>tsunamis</i> no están localizados en lugares específicos: en todas las costas pueden producirse• Saber que se puede prever un <i>tsunami</i> cuando el evento provocador ha sido develado (sismo, erupción volcánica, movimientos del terreno), pero solamente algunas horas antes de su comienzo• Saber que en caso de <i>tsunami</i>, es preciso protegerse en alturas (colinas, edificios altos) y permanecer varias horas (varias olas), tener agua y una radio
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Formular una hipótesis, argumentar• Movilizar sus conocimientos en contextos científicos diferentes
Dominio	Ciencias

Pregunta Inicial

El profesor pregunta a los alumnos cuáles son las zonas sometidas al riesgo de *tsunami*.

Se entiende que se trata de las zonas costeras y, más particularmente, aquellas situadas en regiones sísmicas (ver Sesión 2-8). Sin embargo, como hemos visto que un *tsunami* se puede propagar a lo largo de miles de kilómetros, es posible imaginar que aun las regiones no sísmicas pueden ser alcanzadas por *tsunamis* originados en otro lugar.

El profesor distribuye la fotocopia de la ficha 37 a cada grupo de alumnos, presentando *tsunamis* ocurridos en las costas francesas. Provoca una discusión colectiva que tiene por objetivo constatar que en Francia se pueden esperar algunos *tsunamis*, en general de baja amplitud. Sin embargo, ciertas regiones están más expuestas (Reunión, Guadalupe, Martinica) en razón de su actividad sísmica o volcánica, y de su carácter insular. El único territorio que cuenta con un Plan de Socorros Especializado (PSS), de *tsunamis*, es la Polinesia Francesa. Esta constatación se anota en el cuaderno de experiencias.

Nota pedagógica

Como en el caso de los sismos, existen dos escalas, una de magnitud, otra de intensidad, las que permiten cuantificar *la fuerza* de un *tsunami* –directamente ligada a la altura de la ola al llegar la costa– o su gravedad, en términos de daños y pérdidas humanas que provoca. Estas escalas son poco conocidas, comparadas con las de Richter o MSK para los sismos, y no nos parece indispensable tratarlas en un proyecto de escuela básica. Sin embargo, si el maestro desea mencionarlas, puede encontrar información en el sitio web: http://www.prevention2000.org/cat_nat/risques/tsunami/accueil_tsunami.htm

El maestro pregunta entonces: *Si se vive en una zona de riesgo, ¿cómo podemos protegernos?*. Los alumnos trabajan en parejas y escriben sus ideas en sus cuadernos de experimentos.

Se puede realizar exactamente la misma actividad considerando casos documentados de *tsunamis* en Chile.

Puesta en común

La discusión colectiva permite destacar tres pistas principales:

- Reconocer los signos que anuncian un *tsunami*.
- Cómo comportarse (antes, durante y después).
- Construir estructuras adaptadas (diques, edificios en altura, etc.).

Reconocer los signos anunciadores, que ya se han visto anteriormente:

- Registrar un remezón sísmico submarino o costero (ver la Secuencia 2).
- Observar una retirada rápida del mar (más rápida que una marea descendente).

Es preciso mantenerse informado de diferentes maneras (radio, anuncios públicos), u observar el comportamiento de los animales (vuelo masivo de pájaros, fuga de animales domésticos y salvajes, etc.).

Comment se protéger des tsunamis ?

1) Les signes annonciateurs d'un tsunami :

- observation d'un retrait rapide de la mer (bien plus rapide qu'une marée descendante).
- enregistrement d'une secousse sismique.

2) Que faut-il faire ?

- Il faut se mettre à l'abri en hauteur (colline, bâtiment ...) et y rester plusieurs heures parce qu'il peut y avoir plusieurs vagues.
- Il faut prendre une bouteille d'eau et une radio à pile pour écouter les informations.
- Si l'on est en mer, il vaut mieux gagner le large car l'effet du tsunami se concentre sur les côtes.

Clase de CE2/CM1/CM2 de Marc Rudeau (Serres-sur-Arget)

La conducta a seguir en caso de tsunami es discutida colectivamente: ¿qué es

preciso hacer?, ¿por qué es una buena (o mala) idea?

- Si se está en el mar (en un barco), interesa salir a alta mar, pues el efecto del *tsunami* se concentra en la costa.
- Si se está en tierra, es preciso llegar a lugares en altura para no ser sumergido (cerros, techos de edificios altos).
- Es necesario permanecer varias horas. El *tsunami* está formado de muchas olas, que van a llegar cada 10 a 30 minutos: ¡a menudo la primera no es la más fuerte!
- Llevar agua y una radio (a pilas).

Notas pedagógicas

- El sentido de urgencia es compartido de modo diferente por los alumnos: para algunos es importante llevar dinero, papeles de identidad, objetos valiosos, mientras que para otros es más importante partir rápidamente. Se puede animar este debate comparando esta situación con otra que los alumnos conozcan bien, pues la escuela organiza varias veces al año ejercicios de alerta; por ejemplo, el incendio. En alerta de incendio todo el mundo sale enseguida, dejando sus cosas.
- Otro punto en el cual puede ser difícil obtener consenso, es la necesidad de llamar o no a los equipos de socorro. Para algunos, es indispensable; para otros, es mejor evitarlo porque se vuelve un problema si todo el mundo lo hace al mismo tiempo, y también porque *los equipos de socorro tienen otras cosas que hacer, más importantes que quedarse atendiendo al teléfono.*
- Algunos alumnos pueden hacer unas proposiciones fantasiosas en relación con la forma de protegerse de un *tsunami* (llevar chaleco salvavidas, quedarse en casa y cerrar las puertas), demostrando que les resulta difícil imaginar la violencia de un *tsunami*. Se puede proyectar algún video en línea del sitio Internet del proyecto (ver al final del libro). Aunque estos videos se han elegido para no mostrar imágenes chocantes (cadáveres), son suficientemente impresionantes como para imaginar muy bien la amplitud de los daños ocasionados.

Escrito y conclusión

La clase realiza un papelógrafo colectivamente, ilustrando las formas de protegerse de un *tsunami*.

Extensión multimedia

La última animación multimedia creada para este proyecto es un ejercicio evaluado, en el cual algunas preguntas tratan de los *tsunamis*. Se accede vía la página Internet del proyecto (ver al final del libro).

Evaluación de Secuencia 3

Tiempo	1 hora
Material	Para cada alumno, una fotocopia de las fichas 38 a 42 (Anexo)
Objetivo	Evaluar los conocimientos y competencias adquiridos durante la Secuencia 3.

Nos proponemos evaluar algunos conocimientos y competencias relacionados con el proceso de investigación, a partir de un cuestionario y de documentos referidos al fenómeno del *tsunami*, así como a la relación que existe entre la altura de la ola y la profundidad del agua.

Las competencias evaluadas son las siguientes:

- Cultura científica y tecnológica
 - Practicar un proceso científico o tecnológico
 - Practicar un proceso de investigación, saber observar, preguntar
 - Manipular y experimentar, formular una hipótesis y testarla, argumentar, probar varias pistas de solución
 - Expresar y aplicar los resultados de una medición y de una investigación usando un vocabulario científico de forma oral y escrita
 - Manejar los conocimientos necesarios en diversos dominios de la ciencia y aplicarlos en contextos científicos diferentes y en actividades de la vida diaria
 - El cielo y la Tierra; volcanes y sismos; los riesgos para las sociedades humanas.

- Dominio del lenguaje.
 - LEER: Ubicar informaciones explícitas en un texto.
 - LEER: Interés en informaciones nuevas (implícitas).
 - ESCRIBIR: Responder una pregunta con una frase escrita completa.
 - ESCRIBIR: Redactar un texto de quince líneas utilizando sus conocimientos en vocabulario y en gramática.

El protocolo de evaluación está compuesto de cinco fichas bibliográficas disponibles en el Anexo (de la ficha 38 a la ficha 42). Los alumnos tienen una hora para responder individualmente las preguntas planteadas.

Etapa 1

Descubrimiento, lectura y comprensión de los documentos

Pregunta	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
LEER	Ubicar en un texto las informaciones explícitas	1

Tiempo estimado: 6 minutos

Decir a los alumnos:

Para comenzar ustedes leen solos, atentamente, el texto del recuadro. Los invito luego a responder la primera pregunta. Para esto, deben dar tres respuestas diferentes. Escribirán entonces una respuesta por línea.

El profesor puede leer aparte el texto y las preguntas a los alumnos que tienen dificultades especiales de lectura.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 1: Las tres respuestas dadas:

El viento

Un sismo

Un deslizamiento de tierra (la caída de un acantilado o de una parte de un volcán o una montaña).

Etapa 2

Pregunta	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar un proceso científico o tecnológico	Formular una hipótesis y comprobarla, argumentar	2
ESCRIBIR	Redactar un texto de 15 líneas usando conocimientos en vocabulario y gramática	3

Tiempo estimado: 8 minutos

Decir a los alumnos:

En relación con la pregunta anterior, ustedes han identificado tres causas posibles de formación de una ola. Para cada una de ellas, deben ahora imaginar un experimento que permita mostrar qué es aquello que da origen a la formación de una ola. Para esto, deben escribir y realizar un esquema de cada uno de esos experimentos.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 2: Los experimentos propuestos por el alumno son coherentes con las respuestas correspondientes a la pregunta 1.

Ítem 3: Las 15 líneas no son un criterio de evaluación, pero sí el hecho de que el texto muestre coherencia con los experimentos propuestos por el alumno. Para esta competencia, es la corrección sintáctica lo que cuenta y no el dominio de los conocimientos científicos.

Etapa 3

Pregunta	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
LEER	Inferir informaciones nuevas (implícitas)	4
ESCRIBIR	Responder con una frase escrita completa	5

Tiempo estimado: 2 minutos

Decir a los alumnos:

En el texto se señala: al acercarse a la costa, la ola enlentece y comienza a subir. Según ustedes, ¿por qué la ola es más alta cuando alcanza la costa? Respondan redactando una frase.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 4: La altura de la ola es más grande al aproximarse a la costa porque la profundidad del agua disminuye (la ola se enlentece y se levanta).

Ítem 5: Redactar una frase correcta.

Etapa 4

Pregunta	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Manejar los conocimientos necesarios en diversos dominios de la ciencia y aplicarlos en contextos científicos diferentes y en actividades de la vida diaria.	El cielo y la Tierra	6

Tiempo estimado: 4 minutos

Decir a los alumnos:

Se presentan las diferentes etapas de la formación de un tsunami, en desorden. Den un nombre a cada una de ellas y luego ordénelas.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 6:

Títulos: A= sismo, B = retracción del mar; C = costa en estado normal; D = llegada de la ola a la costa, E = propagación del *tsunami*.

Etapas en orden = C, A, E, B, D

Etapa 5

Pregunta	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar un proceso científico o tecnológico	Manipular y experimentar: comprobar una hipótesis	7
ESCRIBIR	Responder con una frase escrita completa	8

Tiempo estimado: 4 minutos

Decir a los alumnos:

Un curso que trabaja en los tsunamis ha leído en un documento que las olas son más altas al aproximarse a las costas. Un alumno de ese curso decide hacer la experiencia siguiente: utiliza un gran acuario lleno de agua en el cual la costa será

representada por una pendiente construida en gravilla. Luego, utiliza un objeto hundido en el agua para crear una ola al retirarlo del acuario. Durante este experimento, él desea observar la altura de la ola. Para esto, coloca bandas de papel testigos en las paredes derecha e izquierda del recipiente.

Se les muestra el dibujo que él ha realizado en su cuaderno de experimentos.

En este experimento el alumno elige verificar un parámetro susceptible de influir en la altura de la ola. Ustedes redactarán una frase que diga cuál es este parámetro.

Corrección y codificación

Código1

Ítem 7: El parámetro verificado en la experiencia es la profundidad del agua. En efecto, ella se modifica cuando la ola llega al nivel de la pendiente construida en gravilla para modelar la costa.

Ítem 8 Redacción de una frase correcta.

Etapa 6

Pregunta 6	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar un proceso científico o tecnológico	Formular una hipótesis y verificarla	9
ESCRIBIR	Responder con una frase escrita completa	10

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos:

¿Qué va a pasar cuando los alumnos saquen el objeto del agua? Redacten una frase que diga lo que ustedes creen que van a observar (sus hipótesis) para la ola y las bandas de papel.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 9: En relación con el primer punto, los alumnos se refieren a la ola/al movimiento del agua, y para el segundo punto se refieren a las bandas de papel.

Ítem 10: Redacción de una frase correcta.

Etapa 7

Pregunta 7	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar un proceso científico o tecnológico	Saber observar	11
ESCRIBIR	Responder mediante una frase escrita completa	12

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos:

Después del experimento, el alumno ha dibujado su observación en su cuaderno de experimentos y ha pegado las bandas de papel como testigos. Redactar una frase para decir lo que observan en relación con la ola y las banda de papel.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 11: Respecto a la ola, el alumno se refiere a su propagación en las dos direcciones del acuario y/o a la altura de la ola más importante (de mayor altura) del lado de la gravilla. El alumno observa una diferencia de altura de ola en las dos bandas de papel.

Ítem 12: Redacción de una frase correcta.

Etapa 8

Pregunta 8	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar un proceso científico o tecnológico	Expresar y tratar los resultados de un experimento	13
ESCRIBIR	Responder a una pregunta mediante una frase completa de forma escrita	14

Tiempo estimado: 3 minutos

Decir a los alumnos:

Respondieron a la pregunta 6 formulando hipótesis, es decir, lo que ustedes pensaban que iba a ocurrir durante el experimento realizado por el alumno. Lo que han observado respecto a la pregunta 7 ¿confirma sus hipótesis?

No les pedimos contestar si o no. Les pedimos además precisar en breves palabras porqué lo que observaron en relación con la pregunta 7 corresponde o no a sus hipótesis respecto a la ola y a los testigos de papel.

Corrección y codificación:

Código 1

Ítem 13: Si es que hay confrontación entre los resultados del experimento (pregunta 7) y las hipótesis propuestas (pregunta 6).

Ítem 14: Redacción de una frase correcta.

Etapa 9

Pregunta	Conocimientos o competencias a evaluar	Ítem
Practicar un proceso científico o tecnológico	Expresar y tratar los resultados de un experimento	15

Tiempo estimado: 2 minutos

El profesor lee la indicación y trata las preguntas, una tras otra, dejando el tiempo entre cada pregunta para que los alumnos respondan. Pide a un alumno que lea la pregunta y las proposiciones.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 15: Si el alumno ha respondido correctamente a las tres proposiciones:

- a) Falso
- b) Verdadero
- c) No puedo saber (en efecto, no es posible deducir esta conclusión del experimento precedente)

Etapa 10

Preguntas 10, 11 y 12	Conocimientos o competencia a evaluar	Ítem
Manejar los conocimientos en diversos dominios de la ciencia y aplicarlos a contextos científicos diferentes y las	El cielo y la Tierra	16, 18 y 20

actividades de la vida diaria		
ESCRIBIR	Responder con una frase escrita correcta	17,19 y 21

Tiempo estimado: 6 minutos

Decir a los alumnos:

Ahora ustedes leen, solos, las preguntas 10, 11 y 12. Redactan una frase para responder a cada una de ellas.

Corrección y codificación

Código 1

Ítem 16: La retirada rápida del mar precede a la llegada de un *tsunami*. Una retirada debe ser interpretada como un signo de peligro.

Ítem 18: Las personas pueden confundir la retirada del mar con el fenómeno de la marea. Sin embargo, la retirada anunciadora del *tsunami* se produce en algunos minutos, mientras que la marea demora varias horas en descender.

Ítem 20: En caso de alerta de *tsunami* o de una retirada rápida del mar, es necesario refugiarse en lugares altos para no estar en peligro (subir a la cima de una colina, al techo de los edificios). Se necesita esperar varias horas –pues el *tsunami* está compuesto de varias olas–, y llevar agua y una radio a pilas.

Ítem 17, 19 y 21. Redacción de una frase correcta.

Secuencia 4: Mi comuna frente a los riesgos

Esta secuencia ha sido pensada con la ayuda de la asociación *Prévention 2000*. Se apoya en la metodología *Memo'Risks*, proyecto piloto de la Unesco, y *Bonne Pratique 2010*, para Naciones Unidas (UN-ISDR).

Prefacio

La Secuencia 4 está destinada al estudio de un riesgo local, a priori distinto a un volcán, sismo o tsunami (los cuales fueron estudiados anteriormente), como inundación, incendio forestal, remoción en masa, avalancha, ciclón, tempestad, entre otros.

La elección del riesgo estudiado depende del territorio en el cual se encuentra la escuela. Si la comuna no está afectada por ningún riesgo natural (sería un caso raro), entonces esta secuencia no tiene razón de ser.

El proyecto se refiere a los riesgos naturales y no a los riesgos mayores en general, que incluyen además los riesgos tecnológicos. Para una justificación de esta elección, leer la nota pedagógica del inicio de la Sesión 4-1.

Además del riesgo mismo, nos interesamos por la manera en que los habitantes de la comuna lo perciben.

Trabajo preliminar para el profesor

Previamente, el profesor debe tomar conocimiento de los riesgos naturales presentes en la comuna de su escuela, y elegir uno en particular, que será estudiado en esta secuencia. La elección es muy fácil de hacer para la comunidad francesa, gracias al sitio Internet <http://macommune.prim.net>. En Chile, la información de los riesgos comunales está centralizada en el sitio Internet de la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI).

Colocando el nombre de la comuna en esta página, se accede a la lista de riesgos naturales que la afectan, así como al conjunto de los decretos de catástrofes naturales registradas en esa comuna (muy práctico para realizar un historial, o para luego buscar informaciones en la prensa local, por ejemplo).

Con algunas semanas de anticipación, el profesor debe tomar contacto con la alcaldía (miembro elegido o servicios técnicos), pues varias sesiones necesitarán la ayuda de una persona calificada. Se adjunta una carta tipo en el Anexo (ficha 43). La experiencia adquirida en el proyecto *Memo'Risks* muestra muy a menudo que la alcaldía en Francia participa con gusto en ese tipo de proyecto, igual que la prensa local –en particular, el diario municipal.

Sin embargo, en el caso de que nadie en la municipalidad pueda acompañar la clase, se puede solicitar ayuda a las asociaciones locales, servicios de Intendencia, encargado de la red hidrográfica, etc.

Conocimiento necesario

Las comunas sometidas a un riesgo natural son objeto de un Plan de prevención de riesgos (PPR).

Ellas tienen la obligación legal (en Francia) de tener un Plan comunal de salvaguardia (PCS) y un Documento de información comunal sobre los riesgos mayores (DICRIM).

Este Dicrim, herramienta de comunicación, aportará valiosas informaciones para la realización de este módulo.

El sitio portal www.prevention2000.org: <http://www.prevenci%C3%B3n.2000.org> censa los recursos pedagógicos disponibles en Internet por tipología de riesgo.

En Chile, la Protección Civil es asumida por un Sistema integrado por autoridades, servicios e instituciones, tanto del sector público como privado, incluyendo a las entidades de carácter voluntario y a la comunidad organizada, bajo la responsabilidad del Ministerio del Interior y de la coordinación del organismo técnico especializado a nivel Nacional a cargo de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI, <http://www.onemi.cl/>).

Además, en Chile, el accionar del Sistema de Protección Civil se desarrolla a nivel Nacional, Regional, Provincial y Comunal y en cada uno de estos niveles funciona con los Organismos y/o Servicios presentes en una determinada área jurisdiccional.

Memo

A continuación se resumen las diferentes etapas de esta secuencia, a fin de facilitar su preparación.

Sesión	Título	Fecha	Acción
		Un mes antes del inicio	-Identificar los riesgos en la comuna -Identificar al concejal y/o técnico encargado de los riesgos mayores Enviar correo (ficha 43)
		15 días antes del inicio	-Confirmar la elección del riesgo con los servicios técnicos -Censar la iconografía disponible en la alcaldía -Recuperar mapas de la comuna -Recordar con el concejal la valorización de la investigación en la comuna (con las familias, publicación en el diario comunal, etc.)
1	¿Qué es un riesgo mayor?		-Solicitar a los padres de alumnos la autorización correspondiente al derecho a la propia imagen -Confirmar la venida de los servicios técnicos para la Sesión 4-2
2	¿Cuál es el riesgo en mi comuna?		-Informar a la prensa local sobre la salida a terreno -Tomar contacto con los bomberos
3	Salida a terreno		-Confirmar la hora con el cuartel de bomberos
4	Visita a un cuartel de bombero		
5	Balance de la etapa		-Fijar con el concejal la fecha para la sesión final (llamada sesión de <i>restitución</i>) -En relación con los servicios técnicos, tomar contacto para el reportaje
6	Encuestas a los padres (elaboración de un cuestionario)		-Confirmar el reportaje -Distribuir el cuestionario a los padres de alumnos

7	¿Cómo es percibido el riesgo? (cotejo de los resultados de la encuesta)		<p>Invitar a la restitución:</p> <ul style="list-style-type: none"> -padres de los alumnos -director de la escuela -concejal y servicios técnicos -representante de la Educación nacional -personas solicitadas para el reportaje -prensa local
	La memoria del riesgo		
9	Restitución Preparación		<ul style="list-style-type: none"> -Prever adquisición de bebidas, galletas, y decoración para la restitución oficial -Reenviar las invitaciones para la restitución
10	Restitución		

Sesión 4-1: ¿Qué es un riesgo mayor?

Tiempo	1 hora
Material	Para cada alumno una fotocopia de: <ul style="list-style-type: none">• La ficha 44• La ficha 45
Objetivo	Saber que un riesgo mayor está caracterizado por su rareza, violencia e impacto a gran escala en las personas, bienes y medio ambiente
Competencias	Movilizar sus conocimientos para comprender algunas preguntas relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sostenible, y actuar en consecuencia
Dominio	Ciencias
Vocabulario	Peligro (<i>Aléa</i>), sistema afectable (<i>enjeu</i>), riesgo, catástrofe

Pregunta inicial

El maestro pide a los alumnos, colectivamente, hacer una lista de todas las catástrofes naturales (o riesgos naturales: esto se precisará en el transcurso de la sesión) en las cuales ellos piensan. A continuación se presentará una lista exhaustiva de las catástrofes naturales (según la categorización del Ministerio de Desarrollo Sostenible, Francia) acompañada de algunas notas y ejemplos simples que podrían ser útiles en la discusión con los alumnos.

Erupción volcánica	Por ejemplo, Monte Pelée en Martinica en 1902 (28.000 muertos) o volcán islandés Eyjafjöll en 2010 (sistema afectable económico: aviación civil)
Sismo	En la tierra se produce en promedio un sismo cada 30 segundos; la mayor parte de los sismos no se sienten. Por ejemplo, Haití en 2010 (más de 200.000 víctimas) o Japón en 2011 (poco o nada de víctimas directas del sismo).

Tsunami	Sumersión causada por un fenómeno gravitatorio: sismo, remoción en masa, caída de rocas o de meteorito Por ejemplo, Sumatra 2004 (280.000 muertos) o Japón 2011 (30.000 muertos)
Maremoto	Sumersión causada por un fenómeno meteorológico: tempestad, ciclón Por ejemplo, Nueva Orleans 2005 (Katrina) o Vendée 2011 (Cynthia).
Inundación	La catástrofe más extendida en el mundo Por ejemplo, Pakistán, 2010 (20 millones de personas damnificadas) o Francia, Var 2010 (25 muertos)
Avalancha	30 a 40 muertos por año en Francia; la imprudencia es a menudo la causa de las muertes.

Ciclón / huracán / tifón (el mismo fenómeno que cambia de nombre según las regiones del mundo)	Los vientos pueden superar los 250 km/hr y la depresión puede cubrir un territorio de varias centenas de km ² . Los ciclones, como las tempestades, reciben cada año una denominación elegida por un instituto científico, que alterna nombres femeninos y masculinos (Cris, Chantal, Cristóbal, Claudia, etc.). Por ejemplo, (Katrina 2005, USA)
Tempestad	Vientos superiores a 90 km/hr y hasta más de 200 km/hr Por ejemplo, Lothar y Martin (Francia 1999), Cinthia (Francia 2010)
Tornados	Fenómenos muy localizados y muy violentos; los vientos pueden superar los 400 km/hr Por ejemplo, 2011, USA, varias centenas de tornados y más de 300 muertos
Incendio forestal	Un riesgo muy común, a menudo causado por la imprudencia o el crimen; 22.000 ha son quemadas en promedio cada año en Francia
Remoción en masa (cavidad subterránea,	Las remociones en masa agrupan un conjunto de desplazamientos más o menos brutales del suelo o

caída de bloques, deslizamiento, etc.; estas remociones agrupan diversos fenómenos, muy comunes)	subsuelo, de origen natural o antrópico. Los volúmenes implicados oscilan entre algunos metros cúbicos y algunos millones de metros cúbicos. Los desplazamientos pueden ser muy lentos (algunos milímetros por año) o muy rápidos (algunas centenas de metros por día).
---	---

Nota pedagógica

La noción de riesgo mayor es más amplia que la de riesgo natural, puesto que engloba también el riesgo tecnológico (ejemplos: riesgo nuclear, ruptura de represa, transporte de mercancías peligrosas, etc.).

El estudio de los riesgos tecnológicos implica a menudo conocimientos que están fuera del alcance de los alumnos de la escuela primaria (energía nuclear, química, etc.) y una información imparcial, que es más difícil de obtener en la medida que esta información proviene, muchas veces, de los productores mismos, o de asociaciones *anti*. Además, estos temas pueden fácilmente llegar a ser polémicos y angustiantes para niños. Por estas razones, preferimos restringirnos a los riesgos naturales en este proyecto.

A pesar de todo, si ciertos riesgos tecnológicos son mencionados por los alumnos, se deben tener en cuenta. Se puede, por ejemplo, proponer clasificar los diferentes riesgos en dos categorías (a definir por los alumnos, pero probablemente naturales/tecnológicos).

Investigación bibliográfica

El profesor distribuye la ficha 44 (Anexo) y los alumnos deben abocarse, individualmente, a la tarea. Este documento ilustra dos situaciones: un mismo fenómeno natural (como una remoción en masa) puede tener consecuencias o no sobre las poblaciones. En un caso, se hablará de un riesgo mayor, mientras que en el otro caso no.

Puesta en común

La discusión colectiva permite poner en evidencia el hecho de que un fenómeno natural, incluso violento y espectacular, no es necesariamente un riesgo mayor.

El profesor introduce el vocabulario involucrado:

- El fenómeno natural (por ejemplo, el acantilado que amenaza hundirse) es llamado « **peligro** » (*Aléa* en francés) (se puede buscar palabras de la misma familia, como *aleatorio*, que connota una noción de azar).
- A las personas, el medioambiente, los bienes (equipamientos, por ejemplo), se les llama « **sistemas afectables** » (*enjeux*, en francés, *lo que está en*

juego); se puede comparar con el vocabulario deportivo: el *juego* es lo que se puede perder o ganar).






- El « **riesgo mayor** » es la confrontación a un peligro que implica sistema afectable. Si no hay sistema afectable, no hay riesgo. Por ejemplo, un sismo en el desierto no amenaza a nadie.
- Cuando el riesgo se produce, se habla entonces de « **catástrofe natural** ».

La clase desarrolla de esta manera una definición de lo que es un riesgo natural mayor, insistiendo en las siguientes características: rareza (no se trata de algo que ocurre todos los días, sino de manera excepcional), violencia (impacto a gran escala, rapidez, etc.) y gravedad (para el hombre, el medio ambiente y los bienes).

Se puede también escribir la definición que ha dado Haroun Tazieff: *La definición que doy del riesgo mayor, es la amenaza al hombre y su entorno directo, sus instalaciones; la amenaza cuya gravedad es tal que la sociedad se encuentra absolutamente sobrepasada por la inminencia del desastre.*

El profesor distribuye una segunda ficha documental (ficha 45) a cada alumno. Esta ficha presenta diferentes situaciones, para las que se debe determinar cuál es el peligro, cuáles son los sistemas afectables y si se trata o no de un riesgo mayor. Este trabajo puede ser hecho colectivamente.

El maestro está atento al buen uso del vocabulario definido anteriormente.

situation	Alés	Enjeux	Le degré de son risque majeur ?
	L'Éruption Volcans.gol	Les habitations une installation muséums-usome	OUI
	Incendie	Le petit enfant habitation	non
	inflammation	Les habitations Les habitations L'homme	OUI
	gaz de gazet	Le petit enfant Les habitations l'environnement	OUI
	accident	Le petit enfant	non

Classe de CM2 de Pascale Cros (Foix)

Conclusión y registro escrito

La conclusión de la sesión es la definición del riesgo mayor establecida más arriba. Esta definición se anota en el cuaderno de experimentos y se acompaña de las fichas documentales completadas por los alumnos.

Nota pedagógica

La noción *científica* de riesgo es una noción probabilística. El riesgo es el componente del peligro (probabilidad de que el evento ocurra, para una cierta intensidad) y de la vulnerabilidad (daños previsibles, consecuencias del peligro en el sistema afectable). Aquí, en la escuela primaria, se definirá el riesgo como el cruce entre el peligro y el sistema afectable, sin detenerse en los cálculos de probabilidades.

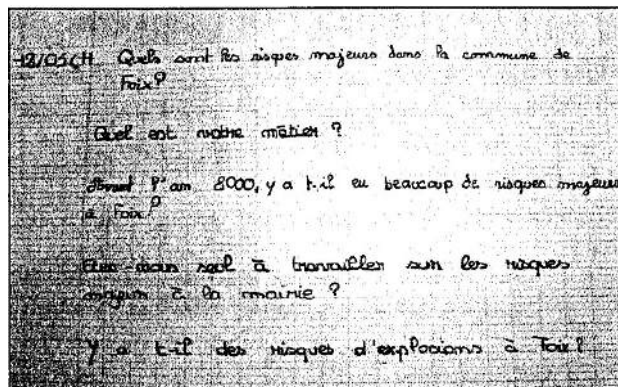
Sesión 4-2: ¿Cuál es el riesgo en mi comuna?

Tiempo	1 hora
Material	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Conocer el riesgo (o uno de los principales riesgos) al que está expuesta su comuna.• Encontrar un especialista de los servicios técnicos municipales, encargado de la prevención de riesgos
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Conocer las principales características geográficas, físicas y humanas de la región donde vive el alumno• Movilizar sus conocimientos para comprender algunas preguntas relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sostenible, y actuar en consecuencia
Dominio	Geografía

Esta sesión se basa en la presencia de un participante externo, posiblemente un miembro de los servicios técnicos municipales encargado de los riesgos naturales.

Esta persona presenta brevemente los riesgos a los cuales la comuna está expuesta. Luego explica a los alumnos en detalle el riesgo que ha sido anteriormente identificado y escogido conjuntamente con el profesor.

En el curso de esta sesión los alumnos podrán hacer preguntas a este participante externo sobre la naturaleza del riesgo, su gravedad (¿por qué es un riesgo mayor?), su frecuencia, los sistemas afectables y las zonas geográficas



Classe de CM2 de Pascale Cros (Foix)

afectadas, las conductas a seguir, etc. Es recomendable que el profesor y los alumnos preparen con anticipación esas preguntas.

Nota pedagógica

Es necesario estar atentos a no dispersarse con preguntas sobre el conjunto de los riesgos, a fin de mantener el riesgo natural seleccionado como hilo conductor.

Las informaciones se anotan en el cuaderno de experimentos. Serán retomadas más tarde, para preparar la restitución final.

Al término de la clase, el profesor comunica a sus alumnos que harán una salida escolar a terreno, con el objetivo de ver, en la ciudad, cómo se manifiesta ese riesgo.

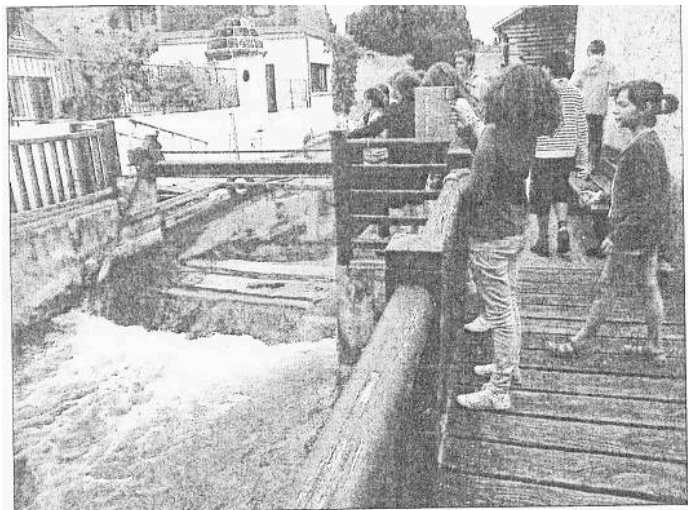
Los alumnos no deben contar de inmediato a sus padres lo que han hecho en esta sesión (ni en el curso de la salida siguiente), porque próximamente deberán hacer una encuesta para averiguar si esos mismos padres están bien informados y conscientes del riesgo, y si conocen a los encargados, así como las formas de actuar.

Sesión 4-3: Salida a terreno

Tiempo	1 hora
Material	Para cada grupo: <ul style="list-style-type: none">• Cámara fotográfica• Mapa de la ciudad
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Conocer el riesgo (o uno de los principales riesgos) al que se enfrenta la comuna• Encontrarse con uno de los miembros de los servicios técnicos municipales, encargado de la prevención de riesgos
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Aplicar sus conocimientos para comprender algunas preguntas relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sostenible, y actuar en consecuencia• Conocer las principales características geográficas, físicas y humanas de la región donde vive el alumno, y ubicarlas en mapas a diferentes escalas• Leer y usar textos, mapas, croquis, gráficos
Dominio	Geografía

Esta sesión es muy importante y permitirá a los alumnos ubicar con precisión el riesgo que enfrenta la comuna. Esto supone ser guiados por un miembro de los servicios técnicos de la municipalidad (si es posible, la misma persona que hizo la presentación sobre el riesgo en la sesión precedente).

Los alumnos descubren concretamente, en el terreno, cómo se manifiesta el riesgo: cuáles son las zonas afectadas, qué queda de las huellas de las catástrofes naturales pasadas, qué hacer para limitar el impacto de futuros eventos, etc. El curso realiza un mini-reportaje (notas, fotos), y puede

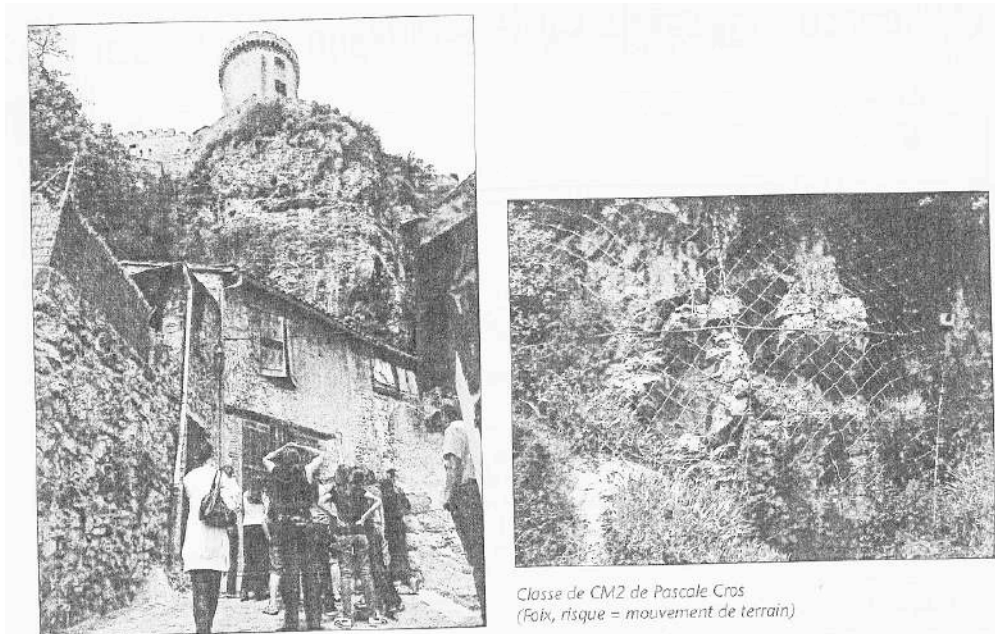


*Clase de CM2 de Jean-François Ortemann
(Vendôme, risque = inondation)*

también invitar a esta salida a un periodista de la prensa local (diario municipal u otro tipo de medio, a menudo muy interesados por esta forma de intervención), pues permite dar a conocer la dimensión cívica y ciudadana del trabajo realizado en las escuelas y la cooperación de la municipalidad.

Notas pedagógicas

- En caso de intervención de la prensa, conviene respetar el derecho a la propia imagen, pidiendo de antemano una autorización parental.
- Si el profesor se propone realizar *un mapa de riesgos* (Extensión de la Sesión 4-5), pedirá a sus alumnos identificar y ubicar en el mapa de la ciudad los sistemas afectables encontrados durante la salida.
- Es preferible escoger el o los *alumnos fotógrafos* antes de la salida. Por una parte, esto simplificará los problemas de transferencia de las fotos al computador de la clase (no olvidar los cables necesarios), y, por otra parte, evitará que los niños estén más concentrados en la cámara y la toma de vistas que en los comentarios del guía.



Sesión 4-4: Visita a un cuartel de bomberos

Tiempo	1 hora
Material	Cámara fotográfica
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Reunirse con uno de los actores principales en la gestión de crisis: el bombero• Saber cuáles son las conductas a seguir en caso de catástrofe natural
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Aplicar los conocimientos adquiridos para comprender algunas preguntas relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sostenible, y actuar en consecuencia
Dominio	Geografía

En el curso de esta sesión, la clase visita un cuartel de bomberos. Esta segunda salida es complementaria de la precedente.

Como la anterior, es muy motivante para los alumnos de la escuela primaria. Permite comprender cómo se gestiona cuando ocurre una catástrofe natural y cuáles son las buenas conductas a seguir.



Clase de CE2/CM1 de Nathalie Coissial (Nancy)

El profesor tomará la precaución de explicar a los bomberos que esta visita tiene un objetivo particular. No se trata únicamente de saber lo que hace un bombero a diario. El objetivo es comprender cómo los bomberos intervienen en un caso preciso (ejemplo: inundación, si este es el elegido como tema de estudio): cuáles son los sistemas afectables más amenazados; cómo ayudar a las personas enfermas, con poca movilidad o muy ancianas; cómo se da la alerta, etc.

En este caso, también la salida está precedida de un tiempo de trabajo en clase, durante el cual se prepara la lista de preguntas que se les desea hacer a los bomberos.

Sesión 4-5: Mi comuna frente al riesgo (balance)

Tiempo	1 hora y 30 minutos
Material	Fotos y notas tomadas durante las dos salidas (a terreno/al cuartel de bomberos).
Objetivo	Hacer el balance correspondiente al riesgo natural estudiado
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Aplicar sus conocimientos para comprender algunas preguntas relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sostenible• Conocer las principales características geográficas, físicas y humanas de la región donde vive el alumno. Ubicarlas en mapas a diferentes escalas• Leer y utilizar textos, mapas, gráficos, croquis• Redactar un texto de unas quince líneas (informe) usando sus conocimientos en vocabulario y gramática
Dominio	Geografía

Puesta en común

De regreso a clase, después de la intervención de un miembro del equipo municipal y dos salidas escolares (a terreno y al cuartel de bomberos), es el momento de redactar un balance de lo que se sabe del riesgo en la comuna.

La clase realiza uno o varios papelógrafos en los cuales se anota:




- Cuál es el riesgo (peligro, sistema afectable).
- Cómo este se manifiesta en el territorio de la comuna.
- Lo que hacen los poderes públicos para proteger a la población.

- Cómo una eventual catástrofe natural sería gestionada (colectivamente) y cuáles son las acciones a realizar (individualmente).

Estos papelógrafos son en un primer momento elaborados por grupos pequeños (cada grupo trabaja en un solo papelógrafo) y luego discutidos, ilustrados y finalizados por toda la clase. Las nociones de peligro, sistema afectable y riesgo son revisados aprovechando esta ocasión.

Los papelógrafos serán expuestos, luego, durante la restitución de la investigación.

El profesor explica a los alumnos que ahora, en general, están bien informados sobre el riesgo, pero que tal vez no es el caso de todos, y tampoco de todos los adultos. Para saberlo, se procede a una encuesta, proponiendo un cuestionario a los padres de alumnos.

<i>Aléa, Risque et Enjeu</i>	
<p>Los riesgos naturales</p> <p>Un riesgo natural es aquél que puede provocar accidentes graves o no demasiado graves. El riesgo natural puede ser provocado por la naturaleza y por el hombre. En Vendôme existen dos tipos de riesgos naturales: las inundaciones y los desprendimientos de tierra. La más grave inundación ocurrió en Vendôme en 1665. Podría reproducirse en nuestros días.</p>	
<p>El sistema afectable (enjeu)</p> <p>Corresponde a lo que puede ser destruido o dañado. Podría ser una persona que corre el riesgo de ser herida, una ciudad o, incluso, un país. Si hay un riesgo natural en Vendôme, la amenazada será toda la ciudad.</p>	
<p>El riesgo natural (Aléa)</p> <p>Es el riesgo (que puede ser natural). Por ejemplo, un joven que juega con un fósforo; en este caso, el riesgo es de incendio y lo que será dañado es el joven.</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Rivière, Aléa, Menace, Enjeu, Menace</i></p>

Proposición (antes de la corrección) de la clase de CM2 de Jean-François Ortemann (Vendôme)

Extensión

Dibujar el mapa de riesgo.

Tomar un mapa de la ciudad, localizar la escuela y señalar todas las zonas en las cuales el peligro se puede propagar (por ejemplo, zona inundada). Alrededor de la escuela, en una zona impactada por el peligro (*Aléa*), se definen los sistemas

afectables: habitantes, servicios públicos, comercio, otros actores económicos y equipamientos.

Este trabajo se puede hacer con la ayuda de capas: una capa con el mapa de la ciudad, otra con el peligro y una última con los sistemas afectables (*enjeux*). La superposición de las capas da una visión del riesgo en la comuna.

Sesión 4-6: Encuesta a los padres (Creación de un cuestionario)

Tiempo	1 hora
Material	Un computador con procesador de datos y una hoja de cálculo
Objetivo	Preparar el cuestionario que servirá de base para la encuesta
Competencias	Redacción de un texto de quince líneas (entrevista) utilizando conocimientos de vocabulario y gramática
Dominio	Lenguaje

Pregunta inicial

El profesor explica que un aspecto importante en la prevención de riesgos es la información a los habitantes. Por esta razón, es necesario saber si la población está bien consciente del riesgo y si sabe cómo protegerse.

El maestro señala que la encuesta será realizada a adultos, prioritariamente a los padres de los alumnos de la clase, pero también, por qué no, a los padres de los otros alumnos de la escuela.

Nota pedagógica

Esta encuesta permite un trabajo en lenguaje (elaborar un cuestionario, hacer una síntesis); en matemáticas (recopilar y analizar datos); así como en instrucción cívica (comunicar los resultados a los representantes elegidos, a los padres).

Investigación

Los niños se distribuyen en grupos pequeños y deben preparar una lista de cinco preguntas para incluir en el cuestionario.

Antes, el profesor ha explicado que estas preguntas deben ser *preguntas cerradas* (no se responde lo que se quiera). Deben ser preguntas de selección múltiple o, más simplemente, preguntas a las cuales se responde *si, no o no lo sé*.

Las preguntas se refieren sólo al riesgo estudiado y, además, a la percepción que los adultos tienen del riesgo local, más que a sus conocimientos *científicos*.

Para guiar y orientar la reflexión, el profesor puede proponer una primera pregunta; por ejemplo: *¿Sabe usted si la comuna ha conocido antes una catástrofe natural (del tipo de la estudiada)? o ¿Estiman ustedes este riesgo grave / no grave; frecuente / no frecuente?*

Puesta en común

Cada grupo dicta sus preguntas al profesor, quien hace que las discuta toda la clase. La dificultad reside en la necesaria limitación del número de preguntas, para no tener demasiados datos que analizar.

Nota pedagógica

Si el cuestionario se dirige a los padres de los alumnos de la clase, puede contener una docena de preguntas. Si se debe difundir más ampliamente, (todos los padres de la escuela, por ejemplo), entonces debe reducirse a cinco o seis preguntas.

El maestro se asegura de que la formulación de las preguntas sea correcta y permita, efectivamente, una respuesta cerrada. Él supervisa la finalización colectiva del cuestionario.

A continuación se presenta un ejemplo de cuestionario realizado para el riesgo de *inundación* (¡Atención!: esto no es más que un ejemplo; ¡el cuestionario debe ser realizado por la clase!)

Cuestionario realizado por: Fecha:

¿Sabe usted quién está encargado de informarle del riesgo inundación? si () no ()

Es: La municipalidad () El consejo general () La región () La prefectura () La prensa local ()
Las asociaciones locales () El Ministerio de Desarrollo Sostenible

¿Sabe usted lo que contiene el Documento de información comunal sobre el riesgo mayor (Dicrim)? si () no ()

¿Cree usted que su ciudad puede ser inundada? si () no () no lo sé ()

¿Sabe usted si eso ya se ha producido en el pasado? si () no ()

¿Cree usted estar mejor protegido hoy que ayer? si () no () no lo sé ()

¿Cree usted que su calle se puede inundar: varias veces por año () una vez al año () una vez cada 10 años () una vez cada siglo () menos que esto ()

¿Está usted preocupado por eso? mucho () un poco () para nada ()

¿Recuerda usted haber recibido alguna información sobre este tema? si () no ()

¿Desea usted recibir más información con respecto a este tema? si () no ()

¿Conoce usted los medios de protección ante este riesgo? si () no ()

¿Conoce usted los medios de protección ante este riesgo? si () no ()

¿Esta su sótano habilitado? si () no ()

Cuando se produce una alerta hay que: ir a buscar a los niños a la escuela () pedir a una persona que se encuentra más cerca de la escuela que vaya a buscar a los niños () llamar a la escuela para saber qué hacer () quedarse en el trabajo o en la casa ()

Realización

El mismo profesor puede editar el cuestionario (procesamiento de texto o la hoja de cálculo), o dejar que los alumnos lo hagan (prever una media hora suplementaria).

Sesión 4-7: ¿Cómo se percibe el riesgo?

(Análisis de la encuesta)

Tiempo	1 hora
Material	Para la clase <ul style="list-style-type: none">• Los cuestionarios completos• (optativo) un computador con hoja de cálculo• Un papelógrafo
Objetivos	Analizar e interpretar los resultados de la encuesta sobre la percepción del riesgo por los habitantes
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Expresar y tratar los resultados de una investigación, utilizando un vocabulario científico escrito u oral• Movilizar sus conocimientos para comprender algunas preguntas relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sostenible, y actuar en consecuencia
Dominio	Geografía

Puesta en común

El tratamiento de la encuesta se realiza colectivamente. En razón del número de datos recogidos, aconsejamos al maestro proceder, no ficha por ficha, sino que pregunta por pregunta (por ejemplo: *Levanten la mano los que tienen una respuesta «sí» a la primera pregunta*). De este modo, los resultados aparecen progresivamente en la pizarra, y se pueden poner en una hoja de cálculo o pueden ser directamente recogidos por el profesor o los alumnos, Esto no es obligatorio, puesto que el tratamiento que se hace de los datos es elemental: se limita al conteo del número de respuestas «sí», «no», y, eventualmente, al cálculo de porcentajes (Extensión en matemáticas).

Registro escrito y conclusión

Los resultados se anotan en el cuaderno de experimentos, y la clase los interpreta, colectivamente.

Nuestros padres (o vecinos) ¿tienen conciencia del riesgo? ¿Saben quién es responsable de su protección? ¿Conocen los medios que hay para prevenir el riesgo? ¿Saben qué hacer en caso de catástrofe natural?

En función de la naturaleza del riesgo y de la actualidad (¿ha habido una catástrofe natural recientemente?), los resultados pueden ser muy variados.

Nota pedagógica

Los registros escritos deben ser completos y precisos, pues servirán más tarde para hacer un papelógrafo para la sesión de restitución.

La memoria de los eventos pasados es esencial para comprender los riesgos del presente: el testimonio de los ancianos constituye a menudo una fuente de información. Es el objetivo de la sesión siguiente.

Sesión 4-8: La memoria del riesgo

Tiempo	1 hora
Material	Para la clase: <ul style="list-style-type: none">• Una cámara fotográfica• Una grabadora de voz o videocámara
Objetivos	Interrogar a una persona que se acuerde de una catástrofe natural ocurrida en la comuna
Competencias	Movilizar sus conocimientos para comprender algunas preguntas relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sostenible, y actuar en consecuencia.
Dominio	Geografía

Nota pedagógica

Esta sesión –interesante como diálogo intergeneracional– se vuelve casi ineludible si es que ninguna catástrofe natural ha sido registrada en un pasado muy reciente. La población podría, por esta razón, haber olvidado en qué consiste el riesgo y cómo actuar ante él. La memoria de los *ancianos* es, entonces, muy instructiva.

El profesor puede pedir el apoyo de los servicios de la municipalidad que tienen, algunas veces, una buena idea de la o las personas que conviene contactar.

Si la última manifestación del riesgo, por ser demasiado antigua, no permite recoger información de la memoria del evento, la municipalidad (o encargados de prevención de riesgos) puede sugerir reportajes que sustituyan esa memoria.

Preparación

Algunos días antes, el profesor conversa con sus alumnos sobre la posibilidad de entrevistar a personas que hayan conocido tales catástrofes en el pasado. La pregunta es, pues, a quién interrogar. Las posibilidades son múltiples: abuelos y bisabuelos de los alumnos, pensionados de las casas de reposo, etc. Lo

importante es que las personas vivan en la comuna (o hayan vivido en ella en la época del evento).

La clase tiene así identificada a una o varias personas que puede interrogar, y ha preparado algunas preguntas.

Entrevista

El día D, la persona escogida está invitada a testimoniar ante la clase acerca de su experiencia. Los alumnos la interrogan sobre la memoria que tiene de este evento. Si la entrevista es pertinente, basta un testigo; si quedan cosas poco claras, se pueden entrevistar varios testigos.

La conversación da lugar a grabaciones y a algunas fotos, que serán utilizadas durante la restitución final (sesión siguiente).

Sesión 4-9: Preparación de la restitución de la encuesta

Tiempo	1 hora
Material	
Objetivo	Preparar la sesión de restitución de la encuesta (cuestionario, entrevistas, visitas, etc.).
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Redacción de un texto de unas quince líneas (informe) utilizando sus conocimientos en vocabulario y gramática• Movilización de sus conocimientos para comprender algunas preguntas relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sostenible, y actuar en consecuencia• Utilización de la herramienta informática para presentar el trabajo
Dominio	Lenguaje

Nota pedagógica

La sesión de restitución (incluyendo esta sesión de preparación) constituye la evaluación colectiva de esta secuencia.

La encuesta realizada sobre el riesgo en la comuna contiene varios elementos:

- Un reportaje de la visita al lugar
- Un reportaje de la visita al cuartel de bomberos
- El cuestionario comentado de los padres de los alumnos
- Una o varias entrevistas a testigos de catástrofes pasadas (o a un actor de prevención de riesgos)
- Los papelógrafos realizados precedentemente
- Opción: una cartografía del riesgo en la comuna

Todos estos elementos deben ser estructurados de manera que se puedan comunicar de forma coherente.

La restitución se dirigirá no solamente a los padres que han sido objeto de la encuesta, sino también a las diferentes personas relacionadas con la gestión del riesgo local. Por lo tanto, la restitución debe presentar el objetivo, la metodología y los resultados.

Esta restitución no tiene por objetivo principal explicar el riesgo en sí mismo, sino más bien cómo la población percibe el riesgo (ver Enfoque Pedagógico).

Todos los soportes se permiten: papelógrafos, diaporamas, exposición de fotografías, videos, etc. Un trabajo en artes plásticas puede enriquecer esta síntesis.

Nota pedagógica

Al momento de la restitución que sigue, se ha comunicado a los padres, a los representantes de la municipalidad, etc., sobre la producción de los alumnos. Esta restitución debe ser lo más atractiva posible, en la forma. Pero ¿qué pasa con el fondo? ¿Es necesario corregir las ideas de los alumnos o dejarlas como las presentan?

La originalidad y el interés muchas veces reconocido (particularmente por Unesco) de la metodología *Memo'Risks* se basa en el aporte de los jóvenes a la información preventiva de la población. Al respecto, es importante que la presentación del riesgo (peligros, sistemas afectables, dispositivos preventivos instalados, etc.), realizada por los alumnos, sea validada al menos por el profesor y, si es posible, por la persona que acudió a presentar el riesgo en la clase.

Sin embargo, el trabajo de encuesta realizado por los alumnos a sus padres, o a los ancianos, puede ser comunicado tal como fue efectuado, con las interpretaciones que hicieron, consensuadas en la clase. Estas interpretaciones, aunque torpes, son el resultado del trabajo de los niños, y tienen interés por este hecho.

Evaluación de la Secuencia 4: Restitución

Tiempo	1 hora
Material	
Objetivo	Comunicar los resultados de la encuesta realizada en la comuna con respecto a la percepción que tienen sus habitantes sobre el riesgo
Competencias	<ul style="list-style-type: none">• Expresarse de forma oral y escrita mediante un vocabulario apropiado y preciso• Tomar la palabra respetando el nivel de lenguaje adaptado
Dominio	Lenguaje

La restitución de la encuesta, preparada durante la última sesión, equivale a la evaluación, pues ofrece a los alumnos la ocasión de movilizar los diferentes conocimientos adquiridos a lo largo de este proyecto.

No se puede programar durante el tiempo destinado a clases, porque se realiza en presencia de los padres. Puede ser una tarde o un sábado en la mañana, etc. Esta restitución puede ser un momento muy distendido de encuentro entre los actores de la educación, los concejales, los padres y los niños.

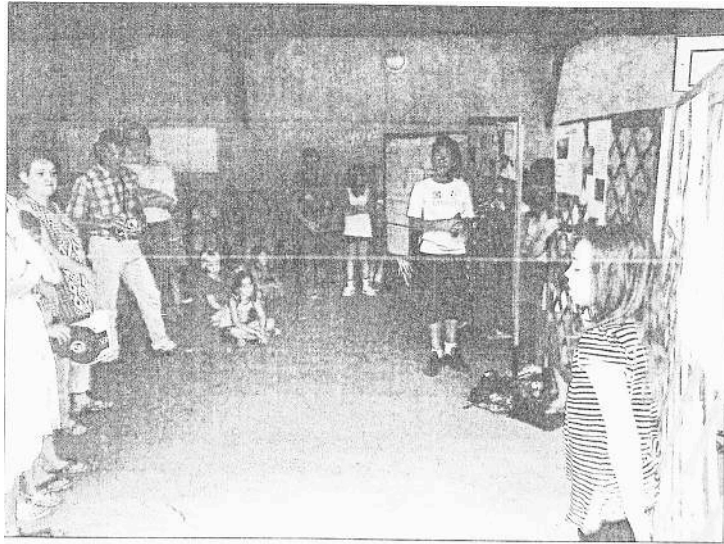
Es importante que este trabajo ciudadano tenga un amplio eco; hay que invitar al mayor número posible de personas para la sesión de restitución:

- A los padres de los alumnos:
 - Por lo menos a los que han sido entrevistados y, si es posible, a los otros padres de los alumnos de la escuela.
- A un representante de la municipalidad (de preferencia el alcalde o un concejal):
 - Él participa para comentar la encuesta, explicar lo que hace la municipalidad en términos de prevención para el riesgo estudiado y responder a las preguntas de los padres, que son también sus administrados y hacia quienes tienen el deber de informar.

- Si la comuna está sometida a otros riesgos mayores que el estudiado por la clase, el representante municipal puede mencionarlos resumidamente.
- Al director de la escuela:
 - De la misma manera que el representante de la municipalidad, el director tiene la responsabilidad (y la obligación legal) de la realización de PPMS (Plan Particular de Puesta en Seguridad) en el establecimiento.
 - Él interviene para presentar este PPMS y responder las preguntas de los padres sobre la seguridad en la escuela.
- Al personal responsable entre las autoridades educativas:
 - El inspector de academia o su equipo encargado de los riesgos: *el inspector de higiene y seguridad, el coordinador de educación en riesgos mayores*, así como el *coordinador EDD* (Educación para el Desarrollo Sostenible).
 - El inspector de circunscripción.
- A la prensa local

La sesión de restitución propiamente dicha está a cargo de los alumnos, quienes exponen el trabajo efectuado (encuesta a los padres, entrevistas, etc.). Como se indicó anteriormente, no se trata de una exposición sobre el riesgo en sí mismo, sino más bien sobre la manera en que la población de la comuna percibe el riesgo.

Enseguida, los distintos participantes intervienen para comentar esta encuesta, responder las preguntas de los padres y presentar las acciones preventivas establecidas (por la municipalidad, la escuela, etc.).



Classe de CM2 de Jean-François Ortemann (Vendôme)

Anexos: Fichas bibliográficas

Las siguientes páginas contienen las fotocopias de los documentos para las diferentes sesiones del módulo pedagógico, con las indicaciones asociadas. Estas Fichas están igualmente disponibles en colores en el sitio de Internet del proyecto (ver en páginas previas), de manera de poder cargarlas, imprimirlas o proyectarlas.

Ficha 1 – Sesión 1-1

Historia de Vulcano

Según la mitología romana, el rey de los dioses, Júpiter, desposó a su hermana Juno. El hijo que ellos tuvieron, Vulcano, era tan feo que fue expulsado del cielo por su madre y obligado a ocultarse bajo tierra.

Muy dotado para trabajar el metal, Vulcano instaló inmensas fraguas debajo del Etna y, con la ayuda de los cíclopes, fabricó la armadura invencible de Hércules, el tridente de Neptuno, el rayo de Júpiter, así como numerosas armas y joyas para los otros dioses y diosas.

De este modo, llegó a ser el dios del fuego y del metal, y fue reconocido por todos. Vulcano, el más feo de todos los dioses, deforme y cojo, recibió en matrimonio a Venus, la más bella de todas las diosas. Venus no lo quería, y lo engañaba a menudo. Entonces Vulcano montaba en terribles cóleras. Provocaba violentas explosiones en el Etna y lanzaba al aire grandes haces de llamas, nubes de cenizas encendidas y torrentes de rocas.

En nuestros días, Vulcano es el patrono de los herreros.

Ficha 2 – Sesión 1-2

Kilauea (Hawái): ¡una erupción continua desde hace treinta años!

El Kilauea es un volcán situado en la isla de Hawái, en el Océano Pacífico. Está considerado el volcán más activo del mundo. Su última gran erupción comenzó en 1983, y aún no ha terminado.

En 1983 se abrieron fisuras en los flancos del volcán, dejando escapar lava muy líquida. Algunos meses más tarde, se formó un lago de lava y durante tres años se ha asistido a un espectáculo grandioso de fuentes de lava subiendo a lo alto.

Poco a poco, estas fuentes se detienen y son reemplazadas por una efusión continua de lava. Esta lava forma verdaderos ríos que escurren a 50 km/h a lo largo de suaves pendientes del volcán y desembocan en el océano.

Desde 1989, la mayor parte de los escurrimientos de lava se convierten en túneles subterráneos, pero de tiempo en tiempo aparece un río en la superficie.

Al llegar al océano, la lava calentada a más de 1000°C se enfría bruscamente y forma grandes bloques de roca. Esta roca agranda la isla de Hawái poco a poco.

Desde el comienzo de la erupción la isla ha crecido en 220 hectáreas, en tanto que la lava ha cubierto más de 110 km² de terreno, destruyendo centenas de construcciones. Felizmente, las poblaciones han sido prevenidas a tiempo y no se han producido grandes daños.

Monte Pelée: Martinica, una erupción mortal en 1902

El Monte Pelée es el único volcán activo en la isla de la Martinica. Es tristemente célebre por haber causado la muerte de 29.000 personas durante su erupción, el 25 de abril de 1902. ¡Hubo signos precursores de esta erupción! Dos meses antes, en febrero, algunas fumarolas aparecieron en su cima, pero nadie se inquietó por esto, puesto que eso mismo había sucedido antes sin terminar en una erupción.

El 23 de abril algunas cenizas cayeron del volcán y se oyeron sordos ruidos. El 25 de abril, una explosión lanzó numerosos proyectiles de rocas y dejó escapar una inmensa nube de cenizas, sin hacer daños importantes. En los días que siguieron las cenizas cubrieron los alrededores de San Pedro, ¡pero nadie se inquietó! Los curiosos escalaron las paredes abruptas del volcán para observar de más cerca lo que estaba sucediendo. Del 2 al 7 de mayo ¡resonaron violentas explosiones en la ciudad, que alcanzaron a oírse hasta en la isla Guadalupe, 150 km más lejos! Un penacho de humo negro se elevó del volcán. Los habitantes comenzaron a inquietarse, los barcos no se atrevían a aproximarse al puerto.

El 8 de mayo estalló el drama. A las 8.02h, una nube ardiente, formada de cenizas, polvo y gas caliente a más de 1.000°C, ¡rodó por las pendientes del volcán a más de 500 km/h! En un minuto, toda la ciudad estaba sumergida y consumida. Murieron 28.000 personas instantáneamente. Sólo dos personas sobrevivieron: Luis Augusto Cyparis, un prisionero que estaba al abrigo de los muros de su celda subterránea, y que a pesar de ello quedó gravemente quemado, y León Compere-Leandre, un zapatero que vivía en las afueras de la ciudad.

La erupción del Monte Pelée duró varios meses, con nuevas explosiones y nuevas nubes ardientes, matando a 1.000 personas más en el Monte Rojo, a 5 km de la ciudad de San Pedro, ya siniestrada.

Se trata de la catástrofe volcánica más grave del siglo XX. Este volcán se volverá a despertar, seguramente. Por eso mismo, es actualmente uno de los volcanes más vigilados y más estudiados.

Ficha 3 – Sesión 1-2

El Pitón de la Fournaise (Isla Reunión: ¡una erupción casi todos los años!)

El Pitón de la Fournaise, situado en la isla de la Reunión, en el Océano Índico, es el volcán francés más activo: entra en erupción alrededor de una vez por año. Sin embargo, no es el más peligroso, pues sus erupciones son bastante *tranquilas*.

En abril de 2007 el Pitón de la Fournaise tuvo una erupción particularmente intensa. Durante varios meses, algunas fisuras aparecieron en la cima, causando pequeños sismos y dejando escapar lava.

El 2 de abril, a las 10h, se inició la erupción propiamente dicha a través de una fisura que apareció a baja altura, emitiendo espectaculares fuentes de lava: la roca fundida a muy alta temperatura (más de 1000°C) fue eyectada a más de 100 metros de altura.

Los habitantes de la ciudad de Tremblet temieron que la lava llegara hasta ellos, pero fueron rápidamente tranquilizados: el río de lava tomó otra dirección (días más tarde fueron evacuados por previsión, pero a raíz de una falsa alarma). Esta lava, extremadamente fluida, descendió por las pendientes, a veces a 60 km/h.

La ruta nacional se cortó en más de 1 km de longitud, cuando la lava, de un espesor de 40 metros, cubrió ese espacio. Al llegar al océano, la lava se solidificó, aumentando la superficie de la isla la Reunión en 45 hectáreas.

La erupción, que prosiguió hasta el 28 de abril, no dejó víctimas; solamente algunos heridos, particularmente adolescentes, hospitalizados a causa del gas tóxico emitido por el volcán.

El monte Santa Helena, Estados Unidos: una erupción devastadora

En el Monte Santa Helena, E.E.U.U., llamado por los indígenas *la montaña de fuego*, se produjo una explosión devastadora el 18 de mayo de 1980.

Después de un siglo de estar en reposo, el 22 de marzo de 1980 *despertó*: una columna de humo escapó de su cima, formando un pequeño cráter, agregándose a ello algunas explosiones de cenizas y de vapor, e iniciándose el 22 de abril pequeños temblores de tierra. Estos fenómenos, que se repitieron por varios días, atrajeron a los curiosos, por lo que se ordenó la evacuación. Unas setenta personas que quisieron ver de cerca el nacimiento de una nueva erupción pagaron con su vida tal propósito.

El 18 de mayo, a las 8.32h, el monte Santa Helena entró violentamente en erupción. En algunos segundos todo el flanco norte del volcán estalló provocando una enorme nube de cenizas. Una verdadera avalancha rocosa descendió por las abruptas pendientes a casi 259 km/h. El volcán fue decapitado y su altura pasó de 2.950 a 2.549 metros en un instante,

dejando un inmenso cráter en forma de herradura.

La cantidad de cenizas fue tal, que las ciudades situadas a 150 km fueron eyectadas en la noche. Millones de árboles cayeron al suelo arrasados por vientos de más de 1.000 km/h y quedaron carbonizados por la nube ardiente formada de cenizas de polvos de gas. Por otro lado, el intenso calor desatado por la erupción fundió la nieve de la cima del volcán. Esta agua, unida a las cenizas, provocó importantes ríos y lagos de barro que acabaron destruyendo todo. La erupción, que duró 9 horas, dejó pocas víctimas, debido a la evacuación preventiva.

Ficha 4 – Sesión 1-3





Ficha 5 – Sesión 1-4

El nacimiento de un volcán: el Paricutín

Dioniso Pulido era un campesino mexicano, propietario de un campo situado no lejos de la ciudad de Paricutín, alrededor de 320 kilómetros al oeste de México.

Un bello día del verano de 1942, mientras cultivaba maíz, Dioniso descubrió en su campo un gran hoyo, de un metro cincuenta de profundidad. A pesar de la sorpresa, no se inquietó y prosiguió con su actividad.

Dioniso continuó trabajando como siempre hasta que el 20 de febrero 1943 escuchó ruidos provenientes de la tierra. Percibió al medio de los surcos una larga fisura, de algunas decenas de metros, que dejaba escapar cenizas. Los habitantes de la ciudad vecina de San Juan Parangaricutiro también habían escuchado los ruidos y sentido pequeños temblores de tierra.

Al llegar al campo a la mañana siguiente, Dioniso Pulido descubrió un cono de una decena de metros de altura. Algunas horas más tarde, después de numerosas explosiones, el cono medía 30 metros de altura y la lava comenzaba a escurrir de este nuevo volcán que acababa de nacer y al que pusieron el nombre de la ciudad vecina: Paricutín.

Durante los días siguientes el volcán siguió creciendo: 108 metros en una semana, 148 metros en un mes, 190 metros en dos meses, para alcanzar 336 metros al término de un año. Durante este tiempo, el Paricutín lanzaba cenizas y ríos de lava.

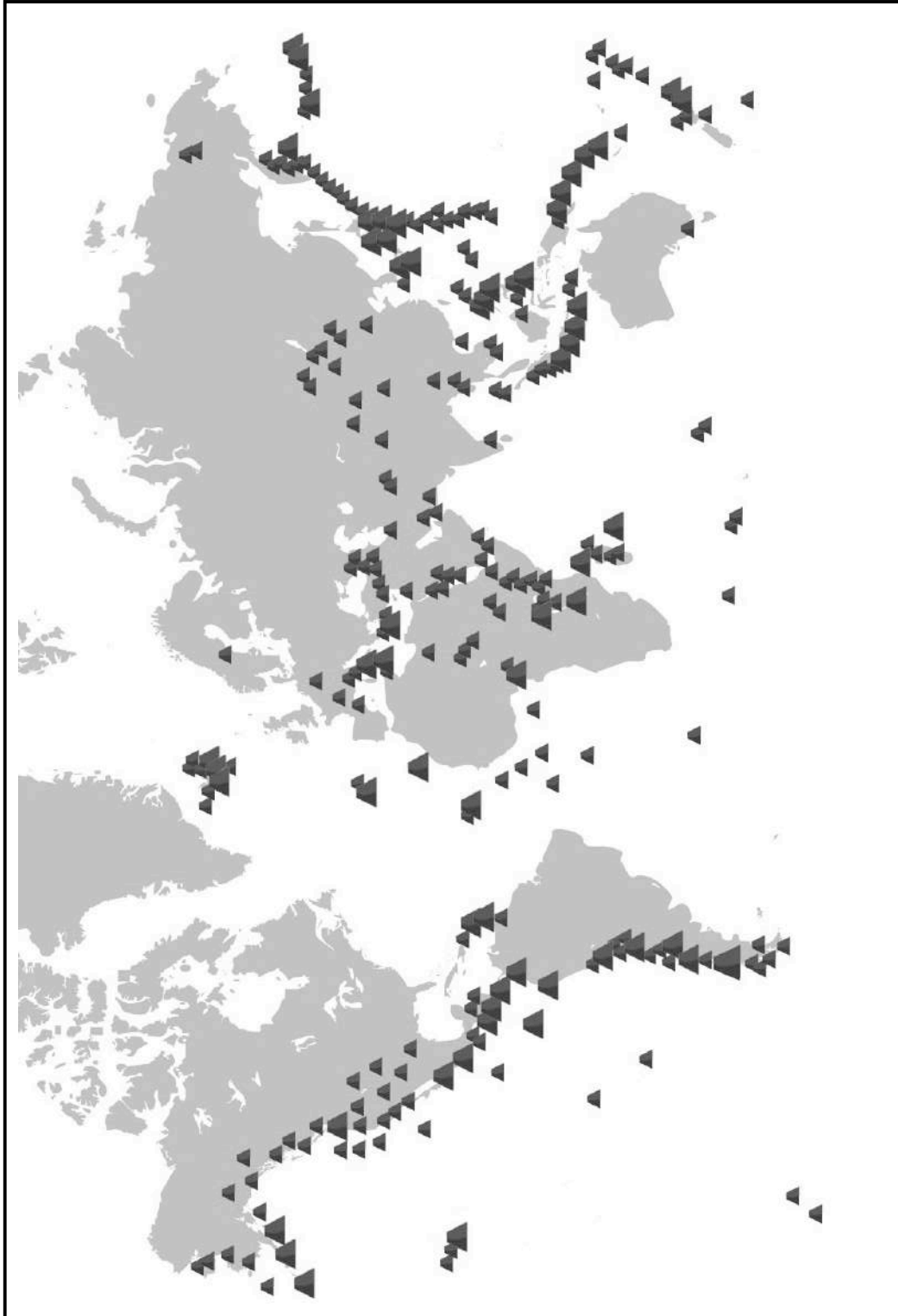
En julio de 1944, uno de estos ríos de lava destruyó la ciudad de San Juan Parangaricutiro; dejó cubiertas todas las casas. Solo una parte de la iglesia se salvó. Las personas fueron evacuadas en septiembre de 1944, cuando la ciudad de Paricutín fue sepultada por las cenizas y la lava.

Las erupciones siguieron todavía ocho años más. En marzo de 1952, después de nueve años, el cono del Paricutín medía 424 metros.

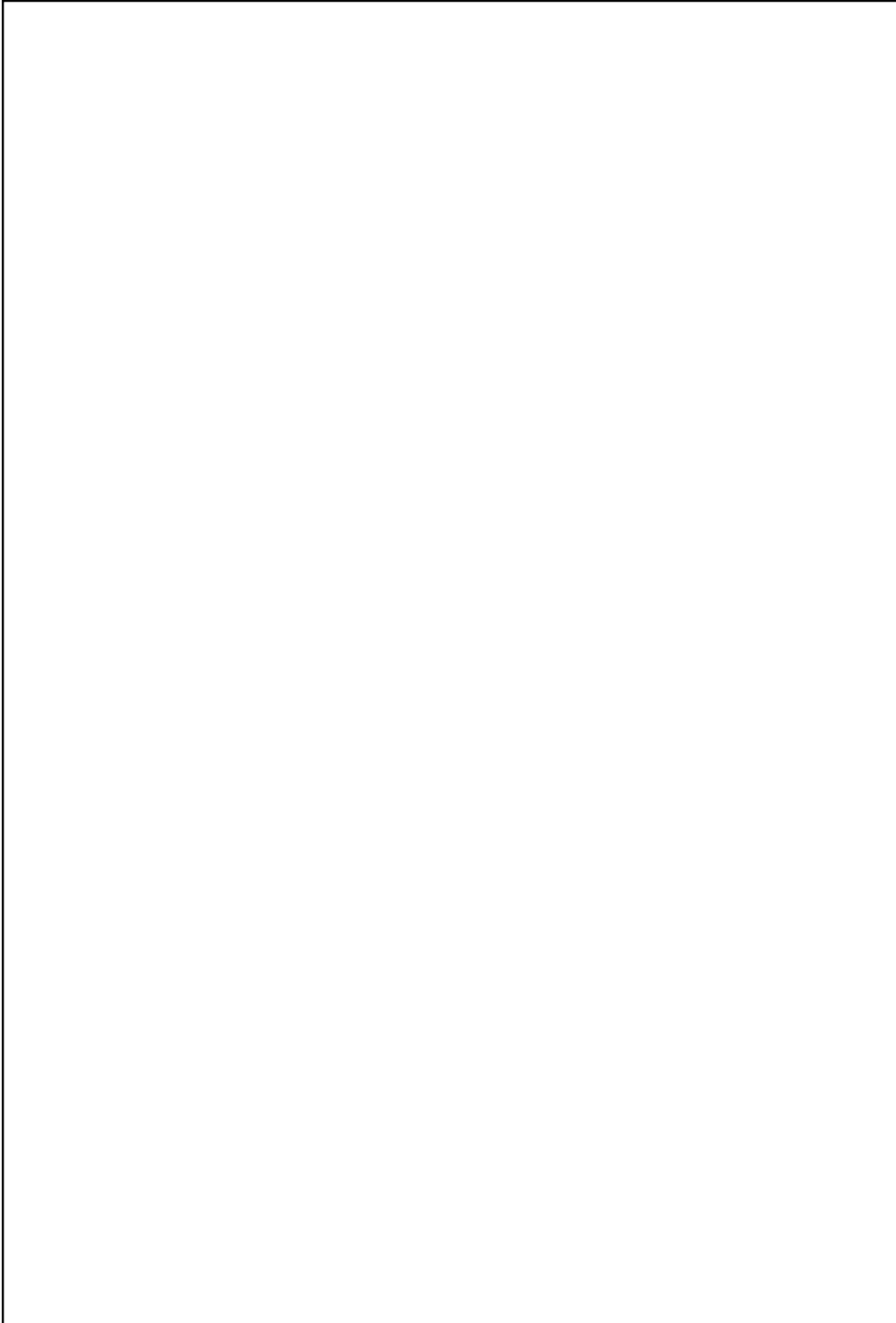


Ficha 6 – Sesión 1-8

Tarea: Esta carta muestra los volcanes actualmente activos en el mundo. ¿Cómo están repartidos?



Ficha 7 – Sesión 1-8

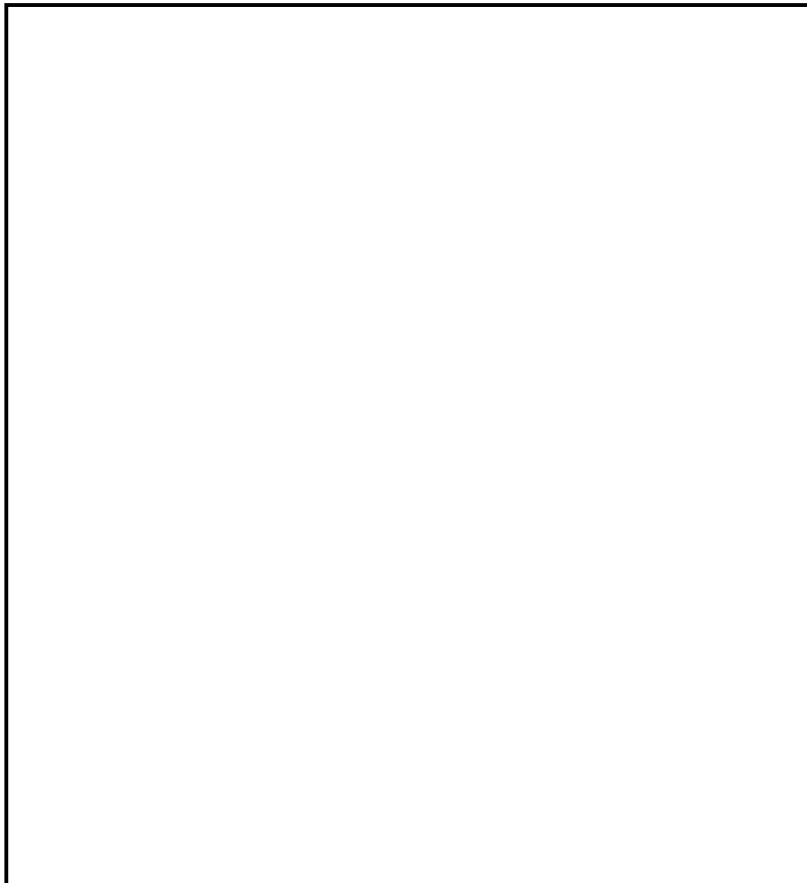


Ficha 8 – Sesión 1-8

Tarea:

La corteza terrestre está dividida en placas que se desplazan unas en relación con las otras. Hace 270 millones de años todos los continentes estaban reunidos en un *supercontinente* llamado Pangea. Luego, estos continentes *derivaron* (se movieron alejándose uno de otro) lentamente (a una velocidad de algunos centímetros por año).

Los dibujos de abajo representan la Tierra en diferentes épocas: - 270 millones de años, - 200 millones de años, - 135 millones de años, - 65 millones de años (época de la desaparición de los dinosaurios) y hoy día. Están colocados en desorden; ubícalos en orden.



Ficha 9 – Sesión 1-9

Tarea:

1. Observe las grandes erupciones del Vesubio en la Antigüedad. Calcule cuánto tiempo ha transcurrido entre dos erupciones sucesivas.
2. Observe las últimas erupciones del Monte Pelée (Martinica).
 - Calcule el tiempo que ha transcurrido entre dos erupciones sucesivas.
 - ¿Después de cuánto tiempo el volcán no ha entrado en erupción?
 - ¿Podría despertarse?
3. Observe las últimas erupciones de la cadena de los Puys /Auvernia)
 - Calcule cuánto tiempo ha transcurrido entre dos erupciones sucesivas.
 - ¿Después de cuánto tiempo no ha entrado en erupción?
 - ¿Podríamos conocer nuevas erupciones en Auvernia?

Nombre del volcán	Fecha de la erupción
Vesubio (Italia)	- 16000 - 14000 - 6000 - 1660 79 (destrucción de Pompeya)
Monte Pelée (Martinica)	1792 1851 1902 1920
Cadena de los Puys (Auvernia)	- 7700 (Puys de Dome) - 7200 (Puys Pariou) - 6300 (Puys de la Vache y Lassolas) -4700 (Lago Pavin)

Ficha 10 – Sesión 1-10

Tarea

- ¿Cuánto dura una erupción volcánica?
- ¿Cómo puedes responder a esta pregunta?

Ficha 11 – Evaluación de la Secuencia 1 (parte 1)

Texto 1 : Historia de una erupción del Pitón de la Fournaise

En la noche del 24 al 35 de marzo de 1977, después de un tiempo de calma de cuatro meses, una fisura se abre a 2.000m de altura.

Una pequeña cantidad de lava muy fluida se emite en forma de proyección. Luego la actividad se detiene.

El 5 de abril una nueva fisura aparece, seguida de una gran explosión y fuentes de lava surgen a 20 m de altura. El 8 de abril, un gran río de lava fluida se escapa de una fractura de 500 m de largo y baja por las pendientes del volcán. Las 800 personas de un pueblo amenazado son evacuadas. El 9 de abril un importante oleaje de lava desciende en dirección al pueblo de Piron-Santa-Rosa; 2.500 personas son evacuadas. A la mañana siguiente, el río de lava alcanza el mar. El río avanza en el mar y la isla se agranda en 30.000 m².

El 13 de abril otras explosiones son una señal de la abertura de una nueva fractura a través de la cual escapa un río de lava muy importante. Una veintena de casas de Pitón-Santa-Rosa quedan destruidas, y la iglesia devastada.

El 16 de abril la emisión de lava se detiene. El Piton de la Fournaise se calma hasta la próxima erupción.

Según Mauricio Krafft, « La Fournaise »

Texto 2. Historia de una erupción del Monte Pelée

En febrero de 1902 las fumarolas aparecen en la cima de la montaña. El 25 de abril, después de una explosión, una enorme nube de cenizas se escapa por un cráter próximo a la cima. Los alrededores del pueblo de San Pedro son cubiertos por un polvo grisáceo.

El 2 de mayo, violentas explosiones despiertan a la villa. Encima del volcán una gran nube de cenizas sube varios kilómetros. El 7 de mayo, bloques incandescentes de lava muy viscosa se proyectan desde el cráter y las caídas de ceniza aumentan. A la mañana siguiente una nube ardiente baja la pendiente del Monte Pelée a una velocidad de 500 km/h arrasando el pueblo de San Pedro. Los 28.000 habitantes mueren instantáneamente.

Del 20 al 26 de mayo se producen nubes ardientes menos intensas y se observa a nivel del cráter un cono rocoso de 100m de altura. Este cono continúa creciendo hasta alcanzar 400m. El 31 de mayo es un verdadero picacho. Algunos días más tarde, una nube ardiente destruye el picacho y el 30 de agosto una nueva nube ardiente, mucho más intensa, destruye todo a su paso y mata a 1.000 habitantes de Mourne-Rouge, un pueblo situado a

6 km de San Pedro.

Otras nubes ardientes se producen en el resto del año 1902. A mediados de octubre, un nuevo cono solidificado se forma en el cráter.

Según la « Recherche », julio-agosto, 1907.

1. Completa el cuadro a partir de los dos textos que acabas de leer.

Nombre del volcán	Pitón de la Fournaise	Monte Pelée
Materiales emitidos por el volcán (lava, ceniza, polvo, gas)		
Consecuencias de la erupción		

ÍTEM 1	0	1	9
--------	---	---	---

2. Para cada una de estas frases marca con una **X** la respuesta correcta:

El Pitón de la Fournaise es un volcán	rojo	gris
La erupción del Pitón de la Fournaise es	efusiva	explosiva
El Monte Pelée es un volcán	rojo	gris
La erupción del Monte Pelée es	efusiva	explosiva

ÍTEM 2	0	1	9
--------	---	---	---

FICHA 12 – Evaluación de la Secuencia 1 (Parte 2)

3. Observar los dos esquemas y completar las frases con la ayuda de los nombres de los dos volcanes citados en los textos 1 y 2.

ÍTEM 3	0	1	9
--------	---	---	---

Esquema 1 Representa

.....
.....

Esquema 2 Representa

.....
.....

4. Ayudándote mediante las informaciones contenidas en los dos textos, completa las leyendas de los esquemas precedentes.

ÍTEM 4	0	1	9
--------	---	---	---

5. ¿De qué está compuesto el magma? (*Redacta una frase*)

ÍTEM 5	0	1	9
ÍTEM 6	0	1	9

6. ¿Cómo el magma puede subir a la superficie? (*Redacta una frase*)

ÍTEM 7	0	1	9
ÍTEM 8	0	1	9

Ficha 13 – Evaluación (Parte 3)

7. Una clase que trabaja en relación con los volcanes decide realizar los dos experimentos de abajo para comprender lo que pasa durante una erupción volcánica. En el experimento, el ketchup se ha colocado en forma de U. Se vierte el agua en la parte izquierda del tubo, luego se agrega un comprimido efervescente antes de cerrarlo con un corcho.

El mismo dispositivo se reproduce en el experimento 2, pero se reemplaza el ketchup por el puré.

Experimento 1

Experimento 2

A fin de establecer la relación entre este experimento y una verdadera erupción volcánica, precisa:

- *Lo que representa el comprimido efervescente*.....
- *Lo que representa el ketchup y el puré*.....

ÍTEM 9	0	1	9
---------------	----------	----------	----------

8. Precisa lo que quieren comprobar los alumnos de esta clase utilizando el ketchup en la experiencia 2 (*redacta una frase*).

.....

.....

ÍTEM 10	0	1	9
ÍTEM 11	0	1	9

9. ¿Qué experiencia representa?:

- *La erupción del Monte Pelée*
- *La erupción del Pitón de la Fournaise*

ÍTEM 12	0	1	9
----------------	----------	----------	----------

10. ¿Qué va a pasar con el ketchup y el puré cuando el comprimido efervescente comience a actuar? Escribe lo que tú piensas (tu hipótesis). *Redacta una frase*

- Con el ketchup
- Con el puré

ÍTEM 13	0	1	9
----------------	----------	----------	----------

ÍTEM 14	0	1	9
----------------	----------	----------	----------

Ficha 14 – Evaluación de la secuencia 1 (parte 4)

11. Tenemos aquí los resultados del experimento a los pocos segundos.

Experimento 1

Experimento 2

¿Qué observas? *Redacta una frase:*

- *En relación con el Kétchup, experimento 1*

.....
.....

- *En relación con el puré, experimento 2*

.....
.....

ÍTEM 15	0	1	9
ÍTEM 16	0	1	9

12. Estas observaciones ¿están de acuerdo con tu hipótesis planteada en la pregunta 10? Explica la respuesta redactando una frase.

ÍTEM 17	0	1	9
ÍTEM 18	0	1	9

13. A partir de los resultados de tus observaciones luego de finalizado el experimento y de la informaciones leídas en los dos primeros documentos, te proponemos tres conclusiones. Para cada una de ellas, indica con una cruz si esa conclusión es verdadera, si es falsa, o si no se puede saber si es lo uno o lo otro. Marca, cada vez, la conclusión que corresponde.

a) Cuando la lava es muy viscosa corre muy difícilmente. Cuando sale de la chimenea puede formar entonces un domo de lava.

- Esta conclusión es verdadera
- Esta conclusión es falsa
- No puedo saber

b) Una erupción explosiva, como la del Monte Pelée, se caracteriza por una lava muy fluida.

- Esta conclusión es verdadera
- Esta conclusión es falsa
- No puedo saber

c) En una erupción efusiva, como la de Piton de la Fournaise, la lava es fluida y se desliza por la pendiente del volcán.

- Esta conclusión es verdadera
- Esta conclusión es falsa
- No puedo saber

ÍTEM 19	0	1	9
---------	---	---	---

Ficha 15 – Evaluación de la secuencia 1 (parte 5)

14. Este es un mapa de distribución de los volcanes en el mundo.

Señala en el mapa los dos volcanes citados en los textos, el Pitón de la Fournaise y el Monte Pelée. A partir de las informaciones que tú has encontrado sobre estos dos volcanes, completa la leyenda del mapa indicando si los puntos y los cuadrados representan los volcanes correspondientes a volcanismo efusivo o vulcanismo explosivo.

ITEM 20	0	1	9
----------------	----------	----------	----------

15. ¿Dónde están situados la mayor parte de los volcanes en nuestro planeta? Redacta una frase.

.....
.....
.....

ITEM 21	0	1	9
ITEM 22	0	1	9

16. Completa el esquema del volcán con las palabras siguientes:
Bomba volcánica/ nube de cenizas/ cráter/ río de lava/ cono/ cámara magmática

ÍTEM 23	0	1	9
---------	---	---	---

Ficha 16 – Evaluación secuencia 11 (parte 6)

17. A pesar de los riesgos que representan los volcanes, algunas personas viven en su entorno. Señale dos razones que pueden explicar la elección de estas personas.
Redacta una frase

.....
.....
.....

ÍTEM 24	0	1	9
ÍTEM 25	0	1	9

18. ¿Cómo deben actuar estas personas en caso de una erupción volcánica? Marca con una cruz la respuesta correcta.

- Deben escuchar la radio para conocer las indicaciones a seguir.
- Deben telefonar a sus familiares para saber cómo van a actuar.
- Deben preparar una maleta para llevarse las cosas más importantes que no deben ser destruidas por la erupción.
- Preparar un bolso con sus documentos de identidad, agua potable, radio, lámpara, máscaras antipolvo.

ÍTEM 26	0	1	9
---------	---	---	---

Ficha 17 – Sesión 2-1

Tareas: Leer los documentos y responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuánto tiempo dura un sismo?
- ¿Cuáles son las consecuencias de un sismo?
- ¿Cuáles son los principales riesgos para la población?

TEMA DEL MES: URGENCIA EN HAITÍ

Haití devastado por un terremoto

El 12 de enero, un violento temblor ha sacudido a Haití, uno de los países más pobres del mundo.

El 12 de enero la tierra ha temblado fuertemente en Puerto Príncipe, la capital de Haití.

Este país está situado en la parte oeste de la isla d'Hispaniola, en el mar del Caribe, entre América del Sur y América del Norte.

La magnitud de este sismo (fuerza) fue 7.3 grados en la escala de Richter. Cuando hay un temblor, las sacudidas se sienten más fuerte en el epicentro (la relación por encima del punto dónde se siente el temblor). En Haití el epicentro se encontraba a 25 km de Puerto Príncipe.

Un tercio de las construcciones de la ciudad de hundieron. Otras ciudades haitianas fueron alcanzadas. Alrededor del 90% de los edificios de la ciudad de Léogáne (ciudad situada a 30 km al suroeste de Puerto Príncipe) están destruidas. Podría haber 170.000 a 200.000 muertos y más de 250 000 heridos. Como todo está en ruinas, más de un millón y medio de personas están sin casa.

UNA TERRIBLE CATÁSTROFE

1. Las ciudades de Haití más afectadas por el sismo del 12 de enero son Puerto Príncipe, Jacmel y Léogáne.
2. Los expertos estiman que la capital deberá ser reconstruida en un 75%.
3. Centenas de miles de haitianos están muertos o han sido heridos. Un total de 133 personas han sido encontradas vivas entre las ruinas, por los equipos de socorro extranjeros.
4. Después del 12 de enero Puerto Príncipe, en espacio de dos semanas, ha conocido una cincuenta de réplicas (otros sismos menos fuertes). Estas réplicas han sí difíciles de soportar por la población.

BANCO DE SABER

Aparecido: viernes 1 de abril de 2005

Periodista: Y. Pigenet

Especialista: E. Jeanvoine

LOS EDIFICIOS QUE RESISTEN A LOS SISMOS

Durante un temblor, el hundimiento de los edificios es lo que provoca más víctimas. Comprendiendo el comportamiento de las obras durante un sismo, se aprende a construir edificios que no se derrumben: una misión que está garantizada por el laboratorio de Estudios de Mecánica Sísmica (CEA, Baclay), desde 1965.

El 17 de octubre de 1989 California soportó los efectos de un sismo de una magnitud equivalente a la registrada en Armenia un año antes. Sin embargo, las consecuencias de las dos catástrofes fueron muy diferentes. En efecto, se contaron 72 muertos en California y más de 25.000 en Armenia. La generalización de las construcciones sismo-resistentes en San Francisco y su casi total ausencia en Armenia explican en gran parte esta considerable diferencia entre los balances de víctimas humanas.

Ficha 18 – Sesión 2-1

Tarea: Lee los documentos de abajo y responde las preguntas siguientes:

- ¿Cuánto dura un sismo?
- ¿Cuáles son las consecuencias de un sismo?
- ¿Cuáles son los principales riesgos para la población?

El Japón golpeado

Un tremendo temblor ha golpeado a Japón provocando un maremoto que ha barrido todo a su paso en el noreste del país.

La alerta es máxima en el océano Pacífico.

Era el mediodía en el Japón, la mañana en Francia. La tierra ha temblado violentamente durante más de dos minutos. Una eternidad. La sacudida es la más violenta sentida desde hace más de 140 años en Japón. Ha sido medida en 8,9 en la escala de Richter.

Si la ciudad de Tokio parece haber resistido bien las terribles sacudidas, varias ciudades de la costa este del país han sido, en las horas siguientes, sumergidas por olas de más de 10 metros.

El temblor, situado bajo el mar a más de 300 km de las costas, ha provocado un enorme *tsunami* (maremoto).

Las imágenes muy impresionantes de las olas golpeando las costas y arrastrando todo a su paso han sido difundidas por televisión, mostrando la amplitud de la catástrofe.

El balance de las 15:30 horas se eleva a 288 muertos y 350 desaparecidos, según las cifras comunicadas por la policía.

Probablemente aumentarán.

En las horas que siguen, el *tsunami* debería golpear las costas de varios otros países, de Indonesia a América del Sur pasando por Australia, los que han lanzado alertas para evacuar sus poblaciones de las costas.

Publicado el 11-03-11, a las 11:19 h.

Annecy tiembla todavía

La región del Alto Savoya, Francia, ha soportado, en la noche del domingo al lunes, una sacudida telúrica de magnitud 5.2, una de las más importantes desde una treintena de años en la región. El sismo de las 2:13 se ha sentido hasta Grenoble, Besançon, Belfort y Lyon. El epicentro está situado en una treintena de km al noreste de Annecy. Las réplicas se han registrado y podrían producirse otras.

En Sociétés
17-06-1996

En Annecy y los alrededores, además de un herido leve, numerosos daños materiales: chimeneas hundidas, vidrios quebrados, vehículos dañados...

Ficha 19 – Sesión 2-2

Tarea:

Reemplaza en un orden de menos a más grave los efectos de un sismo:

Algunas grietas aparecen en los edificios.

Todas las personas que duermen se despiertan cuando los objetos caen.

Los vidrios y la vajilla tintinean, las lámparas se balancean.

Sólo algunas personas despiertas sienten pequeñas vibraciones.

Todas las personas despiertas sienten las fuertes sacudidas.

Pánico general. Todas las construcciones, aún las más sólidas, quedan destruidas.

Las construcciones más frágiles, como las casas, se desploman. Las canalizaciones subterráneas se rompen. Las rutas soportan importantes daños.

Los habitantes no sienten nada. El sismo es detectado sólo por instrumentos muy sensibles.

Las ciudades son arrasadas y los paisajes modificados (grietas en el suelo, ríos desplazados).

Los edificios soportan importantes daños, las chimeneas caen.

Los puentes y los diques se rompen. Los rieles de las vías férreas se tuercen.

Los muebles pesados se desplazan. Numerosas personas tiene temor. Las tejas caen de los techos.

Ficha 20 – Sesión 2-2

Intensidad medida en escala MSK	Daños
I	
II	
III	
IV	
V	
VI	
VII	
VIII	
IX	
X	
XI	
XII	

Ficha 21 – Sesión 2-2

Tarea: un sismo se ha producido cerca de Laffrey (Isère) el 11 de enero 1999. Al día siguiente, los habitantes de diferentes comunas fueron interrogados acerca de lo que sintieron:

- Lee los testimonios y determina la intensidad del sismo en cada comuna (ayudándote con el cuadro de la escala MSK).
- Coloca estas intensidades en la carta de la Ficha siguiente, y relaciona las comunas donde el sismo tuvo la misma intensidad.
- Las curvas dibujadas se llaman curvas *isosistas* ¿Qué formas tienen?
- Según esto ¿dónde se sintió más fuertemente el sismo?

En Saint-Martin-d'Herès

La sacudida me despertó, pero no a mi mujer. Sobre todo por el ruido de los vidrios pensé en lo que venía.

Las mismas observaciones se hicieron en los alrededores (Saint-Martin-d'Uriage, Sessinet-Pariset), en algunas comunas más al sur (Chateau-Bernard, Corrençon-en-Vercors y Villard-de-Laris), en la región de la Mure (La Mure, Nantes-en Rattier), a Monestier-de-Clermont y en el macizo du Taillefer (Livet-y Cavet, Ormon, Oulles).

En Méaudre

Estaba ya despierto en mi cama cuando escuché un ruido muy sordo, como el que produce la nieve al caer en el techo. Tuve una vaga sensación de una oscilación. En el momento no pensé en un temblor. Fue cuando escuché la radio en la mañana que hice la relación....

Algunas personas sintieron el sismo en condiciones similares en Engins, Sassenage, Sainte Agnes, Allemont, Le Perrier y Valbonnais.

En Champagnier

No estaba acostado todavía, me encontraba en la cocina, cuando vino un golpe y un ruido sordo y la puerta que estaba cerrada se abrió, la lámpara empezó a oscilar, el aparato de radio se rompió; comprendí en seguida que se trataba de un temblor, porque cuando era un muchacho en los años sesenta había escuchado varios y eso me marcó. Se despertó mi

mujer y mis niños, que creyeron que yo había provocado todo ese jaleo.

Las mismas observaciones se hicieron en Jarrie, Sechilienne, en Vaulvaney-le Bas, en Vif, así como en La Motte- d' Aveillans y en Monteynard.

En Saint en Chartreuse

Nadie sintió el sismo.

En Saint-Georges-de-Commiers

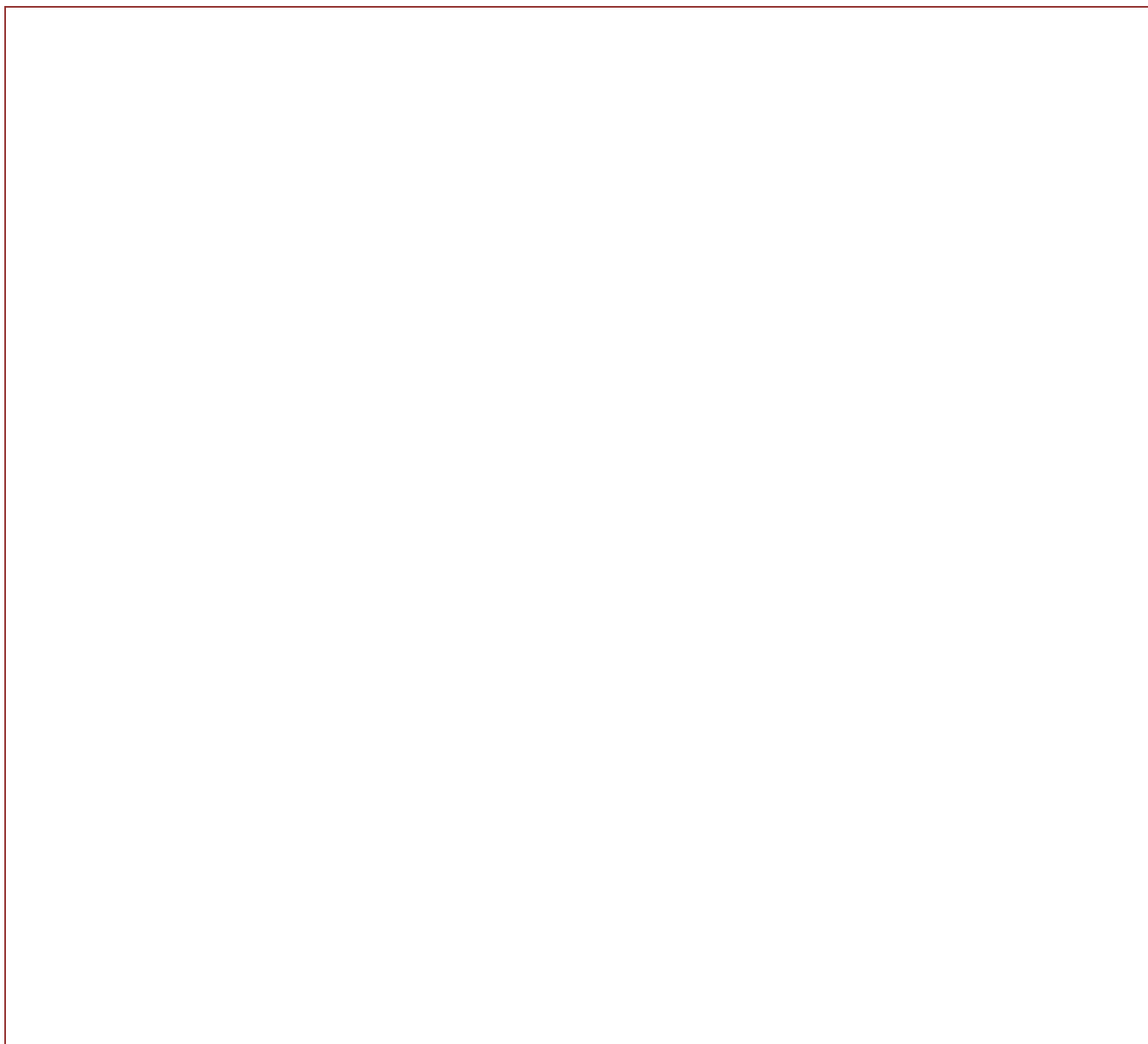
¡Verdaderamente hubo terror! Nadie salió para ver lo que pasaba. Hubo un ruido terrible, como de un cañonazo, muy sordo. Todo tembló. En mi casa el armario cayó y aparecieron fisuras pequeñas en el muro que acababa de reparar. Mi vecino encontró en los cobertores trozos de yeso que habían caído del cielo raso.

Las mismas observaciones se hicieron en Champ-sur-Drac, y Notre Dame- de-Commiers.

Fuente: Francois Thouvenont, de la Red Sismológica des Alpes, en una

Encuesta realizada en el Bureau central de sismología francés.

Ficha 22 – Sesión 2-2



Ficha 23 – Sesión 2-4

Tarea: Este mapa muestra los sismos ocurridos en los últimos años. ¿Cómo están repartidos estos sismos?

Ficha 24 – Sesión 2-6

Desde el año 92 al año 126, China conoció un cierto número de sismos que ocasionaron muchos daños y muertos. En el año 132, el matemático y filósofo chino Zhang Heng inventó un instrumento destinado a detectar los sismos, el cual le permitió estudiarlos. Zhang Heng había construido el primer sismógrafo.

Este instrumento se asemeja a un vaso grande en bronce, de 1,83 m de diámetro. En la parte superior externa, ocho dragones tienen, cada uno, una bola en su boca. Están orientados según las ocho direcciones cardinales (norte, sur, este, oeste, noroeste, noreste, suroeste y sureste). Bajo cada cabeza de dragón se encuentra una rana en bronce, cuya boca está abierta.

¿Cómo funciona este sismógrafo?

Durante un sismo, un péndulo ubicado en el interior del vaso oscila y empuja una palanca, provocando la abertura de una de las bocas de una de las cabezas del dragón. Este dragón suelta de este modo su bola de cobre. La bola cae así en la rana situada debajo. El sonido producido por la bola indica que una vibración ha tenido lugar y el dragón que ha perdido su bola indica la dirección de propagación de la onda sísmica. En cambio, este sismógrafo no permite determinar la distancia, ni la intensidad del sismo.

En el año 132, el sismógrafo de Zhang Heng permitió detectar desde la ciudad de Luoyang, donde estaba situado el sismógrafo, el sismo que destruyó la ciudad de Longxi, distante a 500

km.

¿Y ahora?

Hoy, en el mundo entero, los científicos utilizan los sismógrafos electrónicos que registran las vibraciones en el computador. Los registros permiten calcular la energía liberada por el sismo (su *magnitud*) y, si se combinan varios producidos en diferentes lugares, es posible localizarlo muy precisamente.

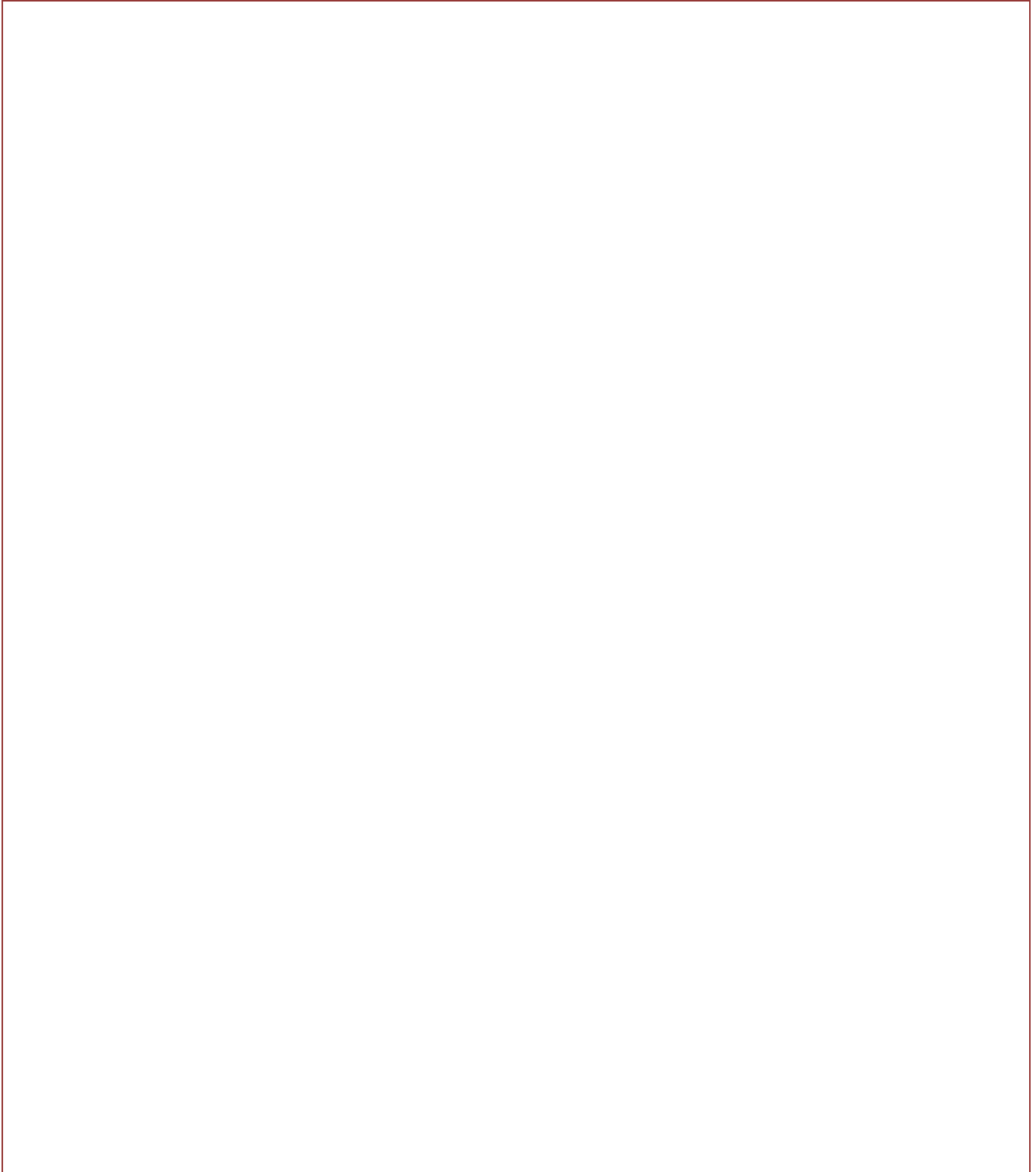
Ficha 25 – Sesión 2-7

Cada grado de magnitud significa 32 veces más energía que el grado precedente. Un sismo de magnitud 9 es 32 veces más energético que un sismo de magnitud 8, y alrededor de 1.000 veces más energético que un sismo de magnitud 7.

Ficha 26 – Sesión 2-8

RIESGO SÍSMICO DE FRANCIA

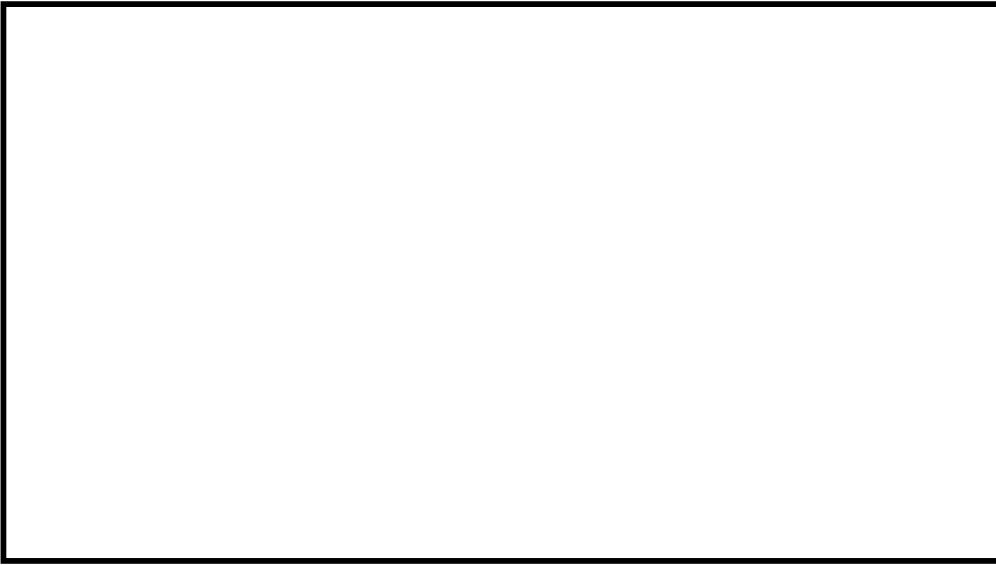
Ficha 27 – Sesión 2-9



Ficha 28 – Sesión 2-11

Tarea:

- ¿Qué ha podido pasar en estos edificios?
- ¿Soportan el mismo género de daños?
- ¿Cómo construir edificios más resistentes?



Ficha 29 – Sesión 2-11

Las construcciones sismo-resistentes

La dificultad de prevenir con certeza los sismos ha llevado a los arquitectos a construir edificios capaces de resistirlos. Este tipo de construcciones son llamadas *construcciones sismo-resistentes* y deben responder a un grupo de reglas denominadas *normas sismo-resistentes*. La severidad de estas normas depende de los niveles de riesgo sísmico en la zona en que se desea construir.

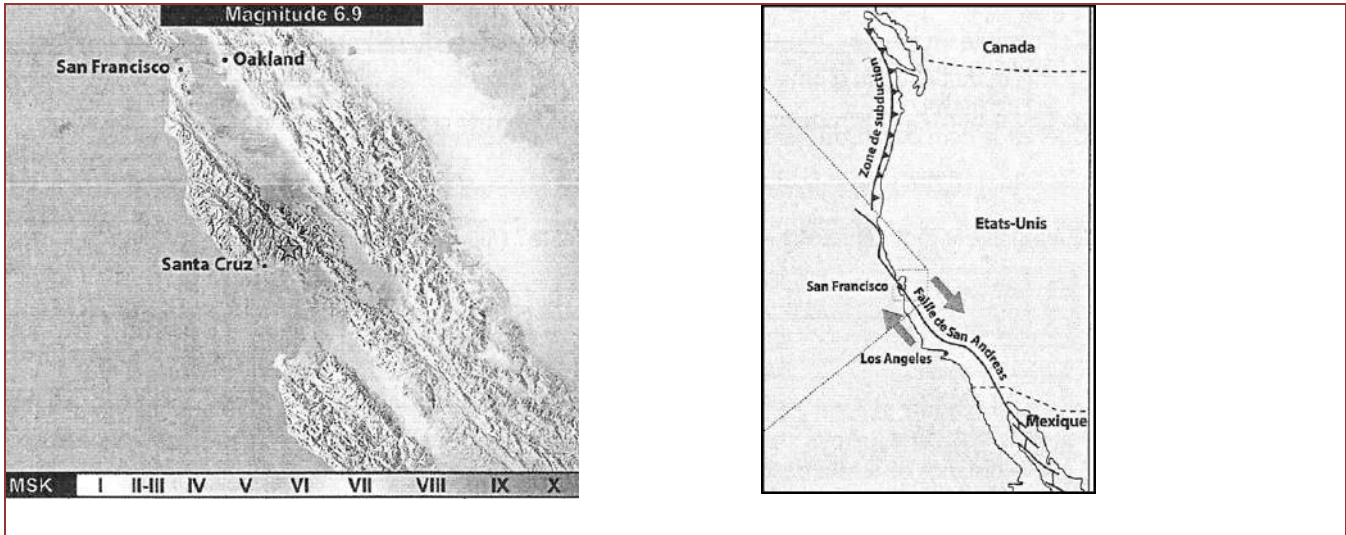
Las construcciones son de hormigón armado, con un sistema *encadenado* (o *contraventana*) que permite evitar el desplazamiento de los muros y el hundimiento.

Es importante que los edificios descansen en un suelo estable para que no se hundan en caso de sismo. A veces, es preciso construir cimientos profundos hasta encontrar un suelo estable.

La forma de los edificios debe ser lo más simple y lo más compacta posible, a fin de evitar asimetrías que pudiesen amplificar las sacudidas. Es preciso igualmente evitar construir primeros pisos flexibles, pues estos son particularmente frágiles.

Ficha 30 – Evaluación de la secuencia 2 (parte 1)

Documento 1



El sismo de Loma Prieta se produjo el 17 de octubre 1989 en la bahía de San Francisco, en California. Este sismo fue muy violento (6,9 en la escala de Richter) y causó graves daños y 63 muertos. Su epicentro se ubicó cerca de Loma Prieta Peak, en las montañas, alrededor de 16 km al norte de la ciudad de Santa Cruz, donde el sismo se sintió muy fuerte. El temblor también se sintió en San Francisco y Oakland. Esto se debió a la falla de San Andrés, una falla que separa la placa americana al este y la placa Pacífico al oeste, que chocan una contra la otra.



La falla de San Andrés

1. La foto de la falla de San Andrés presenta esta falla, así como dos ríos. Coloca una hoja de calco sobre la foto y pinta de azul un río y de rojo la falla.

Indica con flechas el sentido en que se mueven, una en relación con la otra.

ÍTEM 1	0	1	9
--------	---	---	---

Ficha 31 – Evaluación de la secuencia 2 (parte 2)

2. En el texto se ha dicho que *este sismo ha sido muy violento (6,9 en la escala de Richter)*. ¿Qué representa este valor 6,9? Marca con una cruz la respuesta correcta.

- Intensidad del sismo
- Magnitud del sismo
- La hora de comienzo del sismo
- El nombre de las ciudades afectadas

ÍTEM 2	0	1	9
---------------	----------	----------	----------

3. ¿Cuál es el nombre del instrumento utilizado para medir este valor?

.....

ÍTEM 3	0	1	9
---------------	----------	----------	----------

4. ¿Qué significa la palabra *epicentro* en el texto? *Redacta una frase:*

.....

ÍTEM 4	0	1	9
---------------	----------	----------	----------

5. ¿A qué distancia de Santa Cruz se situó el *epicentro*? *Redacta una frase:*

.....

ÍTEM 5	0	1	9
---------------	----------	----------	----------

ÍTEM 6	0	1	9
---------------	----------	----------	----------

ÍTEM 7	0	1	9
---------------	----------	----------	----------

6. El código de colores del documento indica el nivel de daños ocasionados por este sismo. Según tú, ¿por qué los daños

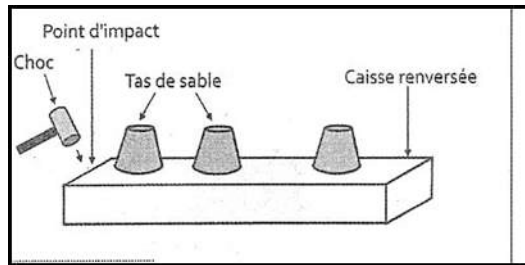
son más importantes en la región de Santa Cruz que en San Francisco y Oakland? *Redacta una frase:*

.....

ÍTEM 8	0	1	9
ÍTEM 9	0	1	9

7. Una clase que trabaja sobre el sismo decide realizar el experimento siguiente:

Los alumnos dan vuelta una caja grande de plástico en una mesa. Colocan pequeños montones de arena encima de la caja, alineándolos y espaciándolos. En seguida, con la ayuda de un martillo, un alumno da un gran golpe en un punto de la mesa. A fin de establecer la relación entre este experimento y un sismo verdadero, precisa:



- ¿A qué corresponde el golpe en la caja?
- ¿A qué corresponde el punto de impacto?
- ¿A qué corresponden los montoncitos de arena?
- ¿A qué corresponde la caja dada vuelta?

ITEM 10	0	1	9
ITEM 11	0	1	9

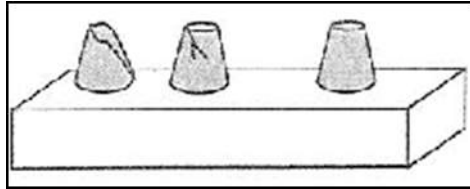
8. ¿Qué pasa con los montones de arena cuando se da un golpe en la caja? Escribe lo que tú pensaste (tu hipótesis). *Redacta una frase:*

.....

	ÍTEM 12	0	1	9
	ITEM 13	0	1	9

Ficha 32 – Evaluación secuencia 2 (parte 3)

9. Este es el resultado del experimento después del golpe. ¿Qué observas en relación con los montones de arena?
Redacta una frase:



.....

ÍTEM 14	0	1	9
ÍTEM 15	0	1	9

10. ¿Estas observaciones están de acuerdo con tu hipótesis expresada en la pregunta 8?

.....

ÍTEM 16	0	1	9
ÍTEM 17	0	1	9

11. A partir de las observaciones, al finalizar el experimento, te proponemos tres conclusiones. En relación con cada una de ellas indica si esta conclusión es *verdadera*, *falsa* o *no puedo saberlo*. Marca con una cruz la respuesta correcta:

a) Un sismo produce vibraciones que se propagan.

- Verdadera
- Falsa
- No puedo saberlo

b) Más lejos del epicentro, son más débiles las vibraciones.

- Verdadero
- Falso

- No puedo saberlo

c) Más alejado del epicentro, más débiles son los daños.

ÍTEM 18	0	1	9
---------	---	---	---

- Verdadero
- Falso
- No puedo saberlo

12. En el experimento, el sismo es provocado por un golpe de martillo. Redactar una frase para explicar lo que crea un sismo en la realidad.

.....
.....

ÍTEM 19	0	1	9
---------	---	---	---

13. ¿En qué sentido este experimento permite modelar el sismo de Loma Prieta, que fue percibido en las ciudades de Santa Cruz, San Francisco y Oakland? *Redacta una frase:*

ÍTEM 20	0	1	9
---------	---	---	---

.....
.....
.....

ÍTEM 22	0	1	9
---------	---	---	---

ÍTEM 23	0	1	9
---------	---	---	---

Ficha 33 – Evaluación de la secuencia 2 (parte 4)

14. ¿Sabes qué hacer si un sismo idéntico se produce en tu comuna, cuando tú estás en la casa? Marca con una cruz la respuesta que corresponde:

- Subo al techo de la casa.
- Me refugio bajo un mueble sólido hasta que la sacudida finalice.
- Me aproximo a la ventana para ver qué sucede afuera.

ÍTEM 23	0	1	9
---------	---	---	---

15. La ilustración representa el comportamiento de una persona durante un sismo. Explique porqué este comportamiento no es adecuado. *Redacta una frase:*

ÍTEM 24	0	1	9
ÍTEM 25	0	1	9

Ficha 34 – Sesión 3-1

Tarea:

Estas imágenes muestran una misma región (Banda Aceh, Sumatra) en dos momentos diferentes. ¿Qué ha pasado? ¿Cuáles son las zonas más afectadas?



Ficha 35 – Sesión 3-1

Testimonio de Imane, de vacaciones en Sri Lanka el 26 de diciembre de 2004

La mañana del domingo, a las 9.25h, mi tía golpeó muy fuerte a mi puerta y gritó: *¡Corre, el mar va a sumergir el hotel!*. En algunos instantes el hotel se inundó. No hubo ningún ruido, ningún signo revelador, ninguna alerta. Algunos minutos después el agua se había retirado y el personal del hotel se puso a limpiar.

Nosotros subimos a la terraza, el mar estaba muy lejano, era como irreal. Luego el mar subió rápidamente y más alto. En un minuto el agua inundó todo y arrasó hasta el 2° piso. En seguida el mar volvió a retirarse y 20 minutos más tarde una tercera ola llegó aun a un nivel más alto. Nosotros tuvimos la suerte de estar en altura. Todos los que estaban fuera murieron. El mar subió demasiado rápido para que alcanzaran a huir. Escuché decir que las olas llegaron a 40 km/h.

Retrato del mar antes de la llegada del *tsunami*.

Relato sobre el maremoto del 26 de diciembre del 2004 (*Planeta Science, 17/01/2005*)

El último balance de la catástrofe que ha sucedido en Asia del Sur después del sismo y el maremoto que le ha seguido en el Océano Índico revela que ha dejado al menos 280.000 víctimas.

El 26 de diciembre de 2004, a las 0,58h TU (7.58 hora local) el Instituto geológico americano detectó en el océano Índico un sismo de una magnitud excepcional: 9 en la escala de Richter. Su epicentro se ubicó a lo largo de la isla de Sumatra, a 250

km al sureste de la ciudad de Banda Aceh.

Olas muy rápidas (500 a 800 km/h), pero poco elevadas, se han formado en la superficie. Para numerosos barcos que navegaban en alta mar, el fenómeno ha pasado desapercibido. Es solamente aproximándose a las costas que el *tsunami* se ha formado, la altura de las olas ha aumentado súbitamente, alcanzando 15 m en algunas regiones. Según el último balance el número de muertos o desaparecidos pasa de las 280.000 personas.

Once países alrededor del océano Índico han sido asolados por el maremoto. A la 1.38h TU las primeras olas se han abatido sobre las costas de Sumatra, y poco tiempo después sobre las de Malasia. Una hora más tarde, Tailandia, Birmania, Sri Lanka, han sido golpeadas a su vez y hacia las 3.28h TU el *tsunami* alcanza las costas de India y las costas de Bangladesh.

Ficha 36 – Sesión 3-3

Tarea:

El documento de abajo muestra la propagación del *tsunami* formado el 24 de octubre de 2008 por un sismo de 9,2 en Japón. Las indicaciones en blanco (2h, 4h, etc.) son las horas transcurridas desde que se formó el *tsunami*.

- ¿Dirías que un *tsunami* es un fenómeno local o que concierne a una amplia región?
- El *tsunami* se ha ralentizado durante su travesía por el océano Pacífico.
- Algunas personas piensan que un *tsunami* se ralentiza alejándose a lo ancho, como si perdiera su impulso. ¿Qué crees tú?

Ficha 37 – Sesión 3-5

Las costas francesas son golpeadas regularmente por *tsunamis*. Desde el siglo XVIII se han contado sesenta, de los cuales aquí tenemos los siguientes:

Departamento o territorio	Fecha	Daños	Denominación del origen
Nueva Caledonia	1 /04/ 2007	Daños severos	Sismo de Guadalcanal
Guadalupe	20 /05/ 2006	Sin daños	Erupción de la Soufrière Hills
Reunión	26/12/2004	Daños severos	Sismo de Banda Aceh, Sumatra
Alpes – Marítima	16 /10/ 1979	Daños moderados	Deslizamiento Submarino Nice
Chartene Maritime	7/09/1972	Sin daños	Sismo de Oleron
Var	15/06/1909	Sin daños	Costa provenzal y costa varoise
Martinica	20/5/1902	Daños moderados	Monte Pelée
Card	20/07/1890	Daños ligeros	Le Grau de Roi
Bouches du-Rhone	24/02/1887	Daños moderados	Sismo de la Rivera Italiana
Pas de Calais y Maritime	5/06/1858	Daños ligeros	Normandía, Kent, estrecho de Calais
Herault	17/7/1841	Daños ligeros	Bahía de Sete (el puerto)
Manche	24/01/1838	Daños ligeros	Bahía de Cherburgo



Ficha 38 – Evaluación de la secuencia 3 (parte 1)

Los tsunamis

Durante las tormentas y los huracanes, es el viento el que produce las olas en la superficie. En cambio, durante los *tsunamis* el movimiento viene del fondo del océano en general, a causa de un sismo submarino de gran amplitud. Un *tsunami* toma la forma de una sucesión de olas que avanzan en la superficie a la velocidad de un avión, entre 500 a 900 km/h. A lo ancho, las personas en barco no sienten absolutamente nada, mientras que llegando a las costas las olas provocan importantes daños. En efecto, al aproximarse a la costa las olas se ralentizan hasta 30 km/h y toman altura. Según la importancia del *tsunami*, esta altura varía a menudo entre 5 y 10 m, pero excepcionalmente pueden alcanzar 30 y 40 m.

Las olas gigantes o *megatsunamis*, aún más devastadoras que las creadas por sismos submarinos, pueden ser provocada por importantes deslizamientos de tierra, como por ejemplo la caída de un acantilado, de una parte de un volcán o de una montaña.

De este modo, una ola de 500m de altura fue provocada por el hundimiento de un acantilado en la bahía de Lituya, en Alaska, en julio de 1958.

1. Con la ayuda del documento mencione tres causas posibles de la formación de una ola:

- a)
- b)
- c)

ÍTEM 1	0	1	9
--------	---	---	---

2. Para cada una de estas causas imagine un experimento que permita mostrar que ella es el origen de la formación de olas.

Describa y realice un esquema de cada una de *estas experiencias*.

	Descripción	Esquema
a)		
b)		

c)

ÍTEM 2	0	1	9
ÍTEM 3	0	1	9

Ficha 39 – Evaluación de la secuencia 3 (parte 2)

3. En el texto está escrito: *al aproximarse a la costa la ola se ralentiza y comienza a subir*. Según tú, ¿por qué la ola es más alta cuando llega a la costa? *Redacta una frase:*

.....
.....
.....

ÍTEM 4	0	1	9
ÍTEM 5	0	1	9

4. Aquí están en desorden las etapas de la formación de *tsunamis*. Pon un título a cada una de ellas, y luego colócalas en orden.

Etapas en orden **C** _____

ÍTEM 6	0	1	9
--------	---	---	---

Ficha 40 – Evaluación secuencia 3 (parte 3)

5. Una clase que trabaja en torno a los *tsunamis* desea comprender porqué las olas son más altas al aproximarse a las costas. Un alumno realiza el experimento siguiente: Utiliza un acuario grande lleno de agua, en el cual la costa está representada por una pendiente realizada con gravas. Luego usa un objeto hundido en el agua para crear una ola al retirarlo del acuario.

En el transcurso de este experimento, él quiere observar la altura de la ola. Para esto, coloca bandas de papel en las paredes derecha e izquierda del recipiente.

Aquí se ve el dibujo que diseñó en su cuaderno de experimentos.

En este experimento el alumno elige un parámetro que podrá registrar la altura de la ola ¿Cuál es este parámetro? *Redacta una frase:*

.....
.....
.....

ÍTEM 7	0	1	9
ÍTEM 8	0	1	9

6. ¿Qué va a pasar cuando el alumno saque el objeto del agua? Escribe lo que tú observaste (tu hipótesis): *Redacta una frase:*

- Para la ola

.....

.....

- Para las bandas de papel

.....

.....

ÍTEM 9	0	1	9
ÍTEM 10	0	1	9

Ficha 41 – Evaluación de la secuencia 3 (parte 4)

7. Al final del experimento, el alumno ha dibujado sus observaciones y ha pegado las bandas de papel.

Testimonio
de
izquierda
Lado sin
gravilla

Testimoni
o de
derecha
Lado con
gravilla

¿Qué observas tú? *Redacta una frase:*

- Para la ola

.....
.....

- Para las bandas de papel

.....
.....

ÍTEM 11	0	1	9
ÍTEM 12	0	1	9

8. ¿Estas observaciones están de acuerdo con tu hipótesis a la pregunta 6? Explica la respuesta redactando una frase.

.....
.....

ÍTEM 13	0	1	9
ÍTEM 14	0	1	9

9. A partir de las observaciones hechas al finalizar el experimento, te proponemos tres conclusiones. Para cada una de ellas marca la correcta.

a) A mayor profundidad del agua, mayor aumento de la altura de la ola.

- Verdadero
- Falso
- No puedo saber

b) La ola de un tsunami toma altura al aproximarse a las costas.

- Verdadero
- Falso
- No puedo saber

c) Un *tsunami* ralentiza al aproximarse a la costa.

- Verdadero
- Falso
- No puedo saber

ÍTEM 15	0	1	9
---------	---	---	---

Ficha 42 – Evaluación de la secuencia 3 (parte 5)

10. Un grupo de personas se encuentra de vacaciones en la playa. Súbitamente observan que el mar retrocede rápidamente. ¿Qué significa esta retracción del mar? *Redacta una frase:*

.....
.....
.....

ÍTEM 16	0	1	9
ÍTEM 17	0	1	9

11. Estas personas no han conocido nunca un *tsunami*, no se inquietaron y aprovecharon para ir a recoger mariscos. ¿Con qué otro fenómeno marino estas personas confundieron este retiro del mar? *Redacta una frase:*

.....
.....
.....

ÍTEM 18	0	1	9
ÍTEM 19	0	1	9

12. ¿Qué consejo podrías dar a estas personas en caso de alerta de *tsunami* o de una nueva retracción del mar? *Redacta una frase.*

.....
.....
.....

ÍTEM 20	0	1	9
ÍTEM 21	0	1	9

Ficha 43 – Sesión 4-1

Carta tipo destinada a la Municipalidad

Una versión editable está disponible en el sitio Internet – proyecto
(www.quand-laterre-gronde.fr)

Según el tamaño de la comuna, se dirigirá la carta a la Municipalidad o a los Servicios técnicos municipales.

Buenos días

Profesor/a de la Escuela (nombre de la escuela). Situada en (dirección de la escuela), deseo llevar a efecto un proyecto de educación en riesgos naturales, y en particular en el riesgo (elección del riesgo estudiado), al cual la comuna está expuesta.

Este proyecto contiene una amplia parte de educación cívica, en la medida en que nosotros deseamos estudiar, además de la naturaleza del riesgo en sí mismo, cuáles son las zonas de la comuna que están comprometidas, cuáles son los dispositivos preventivos puestos en ejecución por los servicios municipales, y cuál es la percepción del riesgo por parte de los habitantes de la comuna. Alternaremos los estudios en clases, las salidas a terreno y las encuestas a los habitantes.

Nosotros deseamos asociar la municipalidad a este proyecto, de varias maneras:

- Recibir en la clase a un miembro de los servicios técnicos, el que expondrá la naturaleza del riesgo.
- Organizar una salida a terreno, acompañados por esa misma persona, quien nos hará conocer el riesgo en su esencia; así, nos mostrará las zonas impactadas en el pasado y los dispositivos usados;
- Por último, invitamos a un concejal a la restitución final de la encuesta que habremos realizado a los habitantes de la comuna. Esta restitución tendrá lugar en presencia de los padres de los alumnos y será la ocasión de presentar las acciones ejecutadas para la gestión del riesgo (particularmente el Plan comunal de seguridad (PCS), así como el Plan particular de seguridad de la escuela (PPMS)) y de responder a las preguntas de los habitantes.

Consciente(s) de la complementación de nuestras respectivas misiones de información acerca de los riesgos a los alumnos y a los habitantes de la comuna, pienso que un camino común puede dar todo su sentido a un proyecto semejante.

De antemano agradezco la atención que Uds. darán a nuestra acción.

Cordialmente,

Ficha 44 – Sesión 4-1

Tarea:

1. Observa las casas próximas al acantilado: ¿Qué arriesgan ellas? ¿Qué arriesgan los habitantes que se encuentran allí? ¿Esto concierne a todo el mundo?
2. Observa los dos acantilados: ¿Qué puede pasar? ¿Cuáles son las consecuencias?

Ficha 45 – Sesión 4-1

Tarea:

Precisa, para cada situación, cuál es el riesgo, cuáles son los peligros, y si se trata de un riesgo mayor o no.

Situación	Riesgo	Peligro	¿Se trata de un riesgo mayor?
