

Juega con Namazu en el mundo de las Ciencias de la Tierra

Playing with Namazu in geosciences topic

JEAN-LUC BERENGUER¹, FLORENCE BIGOT-CORMIER^{1,2}, GUILLAUME COUPECHOUX³, FRANÇOIS BOUTAUD⁴ Y DAVID AMBROIS¹

¹ Université Côte d'Azur, Géoazur (CNRS, OCA, IRD), Valbonne, France berenguer@unice.fr

² French School of Shanghai, China

³ Collège Nucéra, Nice, France

⁴ Lycée franco-australien de Canberra, Australie

Resumen El reto de Namazu, iniciado en Francia en 2014, es una experiencia reciente que tiene como objetivo facilitar la enseñanza de las Ciencias de la Tierra, en constante renovación en los centros escolares. Este desafío permite a equipos de estudiantes resolver los enigmas y desafíos propuestos de una manera divertida, buscando la contribución de todos, a través de la investigación y el análisis de datos.

Nunca antes la enseñanza de las Geociencias se había podido beneficiar tanto de las bases de datos de investigación en línea. En este sentido son pocos los docentes que confían en este nuevo recurso para diseñar sus actividades. Hay muchas razones legítimas que constituyen obstáculos para su aplicación, pero también hay diferentes dispositivos que pueden ayudar y facilitar la explotación de datos y el monitoreo de misiones científicas en el aula.

El reto de Namazu constituye un ejemplo de gamificación del aprendizaje. En este proyecto confluyen propuestas didácticas de enfoque experimental y noticias Geocientíficas, con un enfoque lúdico en el que estudiantes de distintos lugares compiten al mismo tiempo que progresan en el proceso de aprendizaje. A partir de este desafío podemos evaluar el interés de esta iniciativa tanto a nivel de los estudiantes como de su profesorado.

Tras cinco años de proyecto es importante evaluar su repercusión en la adquisición de competencias en la enseñanza en general y en la de las Ciencias de la Tierra en particular.

Palabras clave: Educación, Geociencias, juego científico, métodos de enseñanza.

Abstract *The Namazu contest, initiated in 2014 in France, is a recent experiment that aims to facilitate the teaching of geosciences in schools, which are constantly being renewed. This challenge allows groups of students to solve the enigmas and problems offered in a playful way, by soliciting the contribution of all, through research and data analysis. Never in the past, has geoscience education been able to benefit from so many online databases. Yet few teachers use such data for their geoscience teaching sessions. There are many legitimate reasons why the use of such online databases is hindered. However, there are a number of devices that can help and facilitate the exploitation of data, and which enable to be tuned into scientific missions from the classroom.*

The Namazu challenge is one of the possible didactic paths where experimental approach, inter-school playful competition, and scientific news in geosciences are naturally intertwined. From this challenge, we can already evaluate the interest of such an initiative at the level of students and their teachers. After five years, it is then important to evaluate how this challenge has facilitated a renewal in the teaching of geosciences in particular.

Keywords: Education, geosciences, scientific game, teaching methods.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la enseñanza de las Geociencias puede beneficiarse de las bases de datos de investigación en línea, accesibles para un público muy amplio que incluye a escolares. También sabemos

que el uso de tales bases de datos hace que la enseñanza sea mucho más concreta y motivadora al abordarse desde el enfoque científico, la autonomía, el pensamiento crítico y la cuantificación de los fenómenos. No es menos cierto que el uso de estos datos en la enseñanza sigue siendo difícil, tanto a

nivel del alumnado en formación, como para el personal docente. Por ello es esencial introducir una pedagogía innovadora.

Es en este contexto comienza su andadura el reto de Namazu, iniciado en 2014 en Francia, que pretende contribuir a la enseñanza de las Geociencias, en constante renovación. Este desafío, llamado así por el símbolo del siluro de los terremotos en Japón¹, es una competición lúdica entre centros escolares. El punto de partida consiste en resolver enigmas y experiencias propuestas por episodios cada dos meses. Esta propuesta permite a equipos de estudiantes resolver los acertijos y retos de una manera divertida, a través de la investigación y el análisis de datos.

El reto de Namazu se creó sobre la base de la experiencia adquirida en el proyecto «SISMOS à l'École» (Courboulex *et al.*, 2012), que había permitido crear una red de centros educativos en torno a los datos registrados por sus respectivos sismómetros escolares. Cinco años después el desafío de Namazu se ha convertido en el hilo conductor para monitorizar la misión espacial InSight en el planeta Marte. Por lo tanto, los datos sismológicos y meteorológicos transmitidos desde el planeta rojo constituyen el punto de partida para múltiples actividades científicas, didácticas y lúdicas. Cada año alrededor de treinta centros escolares en varios países participan en el proyecto, que se estructura en cuatro fases a lo largo del curso académico (Fig. 1). Los enigmas son imaginados y diseñados por un pequeño equipo de personas con perfiles docentes y/o investigadores.

El propósito de este artículo es detallar el contenido elaborado e implementado en los retos. También pretendemos evaluar la contribución de esta iniciativa en el aprendizaje de los estudiantes y, al

mismo tiempo, que el contenido del proyecto ofrezca nuevas ideas al colectivo de docentes que favorezca la incorporación de experiencias gamificadas en la enseñanza de las Geociencias.

DEL DISEÑO A LA PARTICIPACIÓN EN LOS RETOS DE NAMAZU

En Francia las Ciencias de la Tierra se enseñan en Secundaria en el mismo plan de estudios que las Ciencias de la Vida. Geología y Biología constituyen un tándem habitual en los currículos de muchos países mediterráneos. En este contexto, en el que la presencia de las geociencias es muy testimonial, el reto de Namazu facilita muchas veces que se descubran sus contenidos. La competición los familiariza con algunos conceptos clave de las geociencias como la tectónica de placas, la geofísica, la planetología... Para el alumnado de bachillerato, el desafío de Namazu complementa su plan de estudios y ayuda a los estudiantes a validar y consolidar su conocimiento en los campos de las Ciencias de la Tierra.

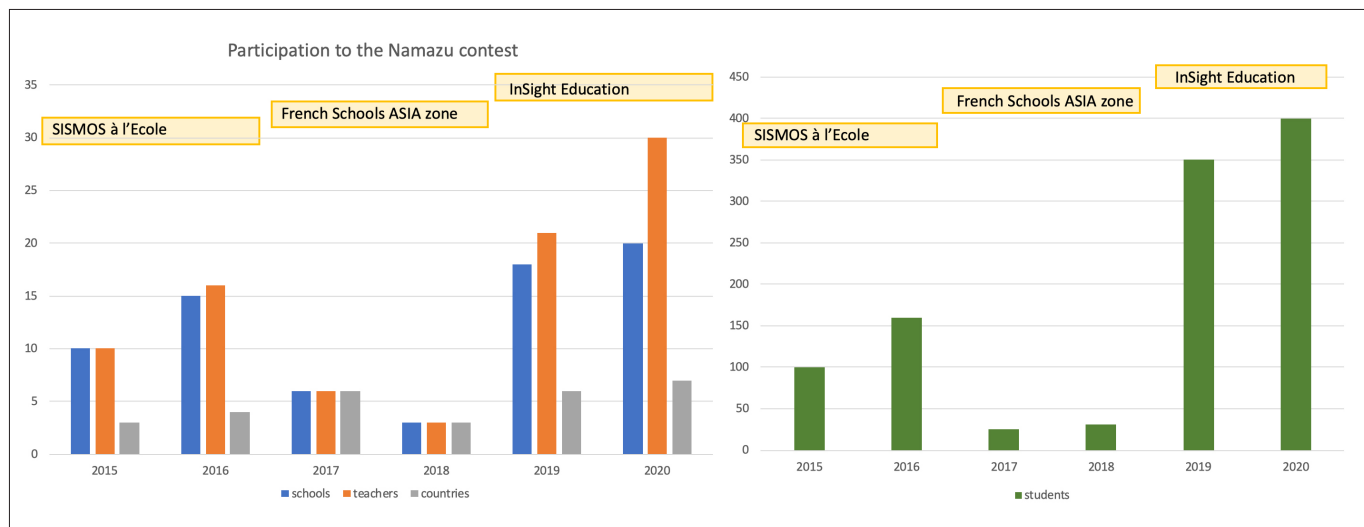
Desde 2014 hasta 2016 los retos de Namazu se basaron en los datos sismológicos registrados por los centros escolares de la red «SISMOS à l'École» (Fig. 2). Esta iniciativa, integrada en el proyecto 'Sciences à l'École' (Berenguer *et al.*, 2013), reunió a sesenta centros educativos ubicados en Francia, en algunas de sus colonias o en el extranjero (incluidas algunas escuelas secundarias francesas de la AEFÉ²).

Los retos de Namazu tenían la intención de dinamizar la red en torno a los datos registrados por los sensores instalados en las escuelas, y debían concienciar al alumnado sobre el riesgo sísmico y los procesos geológicos activos de varias regiones y países. Los desafíos consistieron en preguntas de opción múltiple formuladas por el personaje de Namazu, que viajaba por el mundo para comprender mejor la sismología y los peligros naturales (<http://namazu.unice.fr/namazu-archive> - Ver 2014-2015 / 2015-2016)

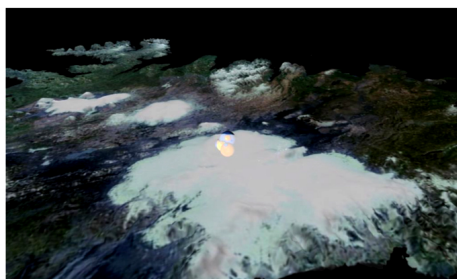
² Agence pour l'Enseignement Français à l'Étranger.

Fig. 1. Evolución de la tasa de participación en los desafíos por año (la participación tiene en cuenta el número de centros escolares, docentes, alumnos y países involucrados en los diferentes años).

¹ Namazu es una criatura de la cultura japonesa perteneciente a los *yokai* o monstruos mitológicos. La tradición cuenta que Namazu es un siluro gigante que habita en las profundidades y que desencadena un terremoto cada vez que se mueve. *Kami Kashima* es el guardián de esta criatura y su labor es mantenerla inmovilizada con una gran roca sagrada llamada *Kaname-Ishi*. Cuando su vigilante se distrae, Namazu convulsiona y produce un sismo.

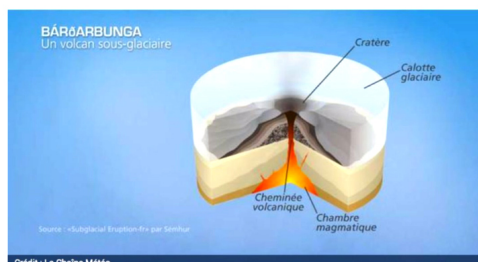


Visualisation des foyers des séismes sous le volcan Bardarbunga. Où se cachent les foyers des séismes ??



voir mise à jour permanente avec : <http://baering.github.io/earthquakes/visualization.html>

Schéma d'un volcan sous glaciaire. Des volcans sous la glace ... du chaud et froid, pas si simple !



Crédit : La Chaîne Météo



Proposez une ou des hypothèses explicatives à la forte sismicité enregistrée depuis quelques semaines en Islande.



Expliquez quelles sont les grandes craintes des sismologues pour la population islandaise.

Q9. Le 31 août 2014, Bardarbunga n'a pas dit son dernier mot !

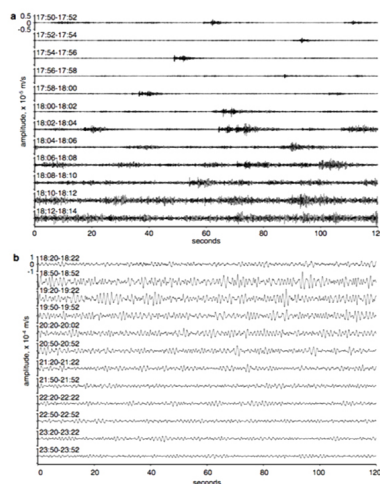
Une petite éruption a débuté, entraînant l'émission d'une alerte rouge à l'attention des compagnies aériennes, la cendre dans l'atmosphère pouvant gêner la visibilité. Cet épisode a été suivi par les sismologues.

Ci dessous, l'enregistrement en continu d'une station installée sur le volcan quelques minutes avant l'éruption volcanique (tracé a), et quelques minutes pendant l'éruption (tracé b). L'éruption a eu lieu à 18h19:00

Namazu se demande pourquoi les tracés sont si différents avant l'éruption et pendant ?

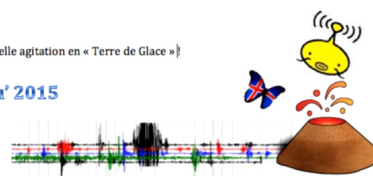


Pouvez vous lui apporter une explication ? (attention l'échelle du tracé b est 18 fois plus petite que celle du tracé a).



Saison 1 ... Quelle agitation en « Terre de Glace »!

Défi 'Namazu' 2015



De 2017 à 2018, ante el éxito del reto de Namazu, los centros escolares franceses de la región de Asia/Oceanía retomaron el desafío bajo el nombre de «¡Está en movimiento!». Se propusieron temas locales, centrados en terremotos y volcanes en esa parte del mundo. Los cuestionarios proponían que la investigación y la resolución de los retos siempre se llevaran a cabo en equipos (<http://namazu.unice.fr/namazu-archive> - Ver 2016-2017 / 2017-2018).

Desde 2018 los retos de Namazu han seguido la misión espacial InSight³, con acceso a datos del planeta Marte. Los estudiantes trabajan en una gama cada vez mayor de temas relacionados con la planetología comparada (Fig. 3). Además el proyecto, ofrece una sección experimental donde se invita a estudiantes a desarrollar dispositivos técnicos simples relacionados con la misión (<http://namazu.unice.fr/namazu-archive> - Ver 2018-2019 / 2019-2020).

³ La sonda InSight (*Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport*) es una misión de la NASA que tenía por objetivo colocar en la superficie de Marte un módulo fijo equipado con instrumentos de alta tecnología. Desde su llegada al planeta rojo, el 26 de noviembre de 2018, los diversos sensores con los que está dotada proporcionan datos que deben permitir el estudio de Marte, proporcionando así a la comunidad científica información para comprender mejor el origen, dinámica y evolución de los planetas rocosos del sistema solar.

MOTIVACIONES PARA EL ALUMNADO Y EL PROFESORADO

Tras la experiencia de estos años las principales motivaciones del profesorado y el alumnado para participar en el desafío de Namazu son formar parte de una red, aproximarse al trabajo de los científicos y responder a numerosas preguntas.

Formar parte de una red

El espíritu de formar parte de una red sigue vigente desde el comienzo de la creación del reto de Namazu. Algunas actividades promueven intercambios con otros centros escolares y así se favorece conocer otras regiones y culturas. El hermanamiento de escuelas supone una motivación adicional para el alumnado y lo mismo ocurre con las puntuaciones actualizadas después de cada desafío, que motivan a los estudiantes a superarse a sí mismos.

Para el profesorado el espíritu de grupo también está presente a través del propio centro educativo donde colegas de diferentes disciplinas científicas pueden participar en la supervisión de estudiantes, o en el marco de la red de escuelas integradas en la red.

Aproximarse al trabajo de las científicas y los científicos

A través de los retos propuestos el alumnado siempre trabaja con datos reales y adaptados a la enseñanza, como fue el caso de los datos de la red «SISMOS à l'École» (Berenguer *et al.*, 2009), o como

Fig. 2. Extracto de un desafío de Namazu (2015) donde se plantean cuestiones sobre la actividad geotectónica de Islandia. Para más información sobre los proyectos mencionados en la figura, véase el apartado: Del diseño a la participación en los retos de Namazu.



Fig. 3. Selfie de algunos grupos de estudiantes que participaron en el desafío Namazu 2020 en torno a la misión espacial InSight a Marte.

en el caso que se describe, con datos de InSight. Por lo tanto, trabajan como lo hacen las científicas y los científicos y conocen de cerca las labores de investigación. De hecho, en el episodio 3 de la temporada 2020, fueron asesorados por personal investigador e interactuaron con él.

Para el procesamiento de datos necesario para resolver los desafíos se recomienda utilizar un software intuitivo y educativo, (que pueda ser utilizado en otras asignaturas), lo cual supone una motivación adicional para el alumnado y el profesorado. Para la resolución de las preguntas, el desafío recomienda el uso de herramientas en línea como SeisGram 2K (Lomax, 2000), Educarte y Tectoglob3D⁴.

Responder a numerosas preguntas

Finalmente el alumnado está motivado por el tipo y la diversidad de actividades que integran los diferentes retos. Algunas actividades se plantean a través de preguntas de respuesta múltiple o del análisis de los datos presentados de diversas formas. En otros casos los retos proponen cuestiones prácticas, con desafíos como por ejemplo «¿Cómo hacer que un huevo aterrice sin que se rompa si lo lanzamos desde un primer piso?» (en referencia al aterrizaje de la sonda InSight), o «¿Cómo crearías tu propio sismómetro?». Otro ejemplo, «¿Cómo localizar el norte con un gnomon?», hace referencia a la

⁴ <http://edumed.unice.fr/fr/contents/news/tools-lab/Seis-Gram2K>, <http://edumed.unice.fr/fr/contents/news/tools-lab/EduCarte>, <http://edumed.unice.fr/fr/contents/news/tools-lab/TECTOglob-3D>

sonda InSight después del aterrizaje. Éstas y otras actividades de este estilo motivaron a las y los estudiantes para trabajar las ciencias.

Con cada nuevo reto de Namazu, los profesores implicados en el proyecto son conscientes del interés que despierta en el alumnado, porque las propuestas son siempre variadas y todos encuentran preguntas que animan a trabajar.

¿QUÉ BENEFICIOS TIENE PARA EL ALUMNADO?

En los últimos años varios estudios han demostrado el interés del alumnado por interactuar con proyectos de investigación de actualidad (Balestra et al., 2020; Bigot-Cormier y Berenguer, 2017). Sentirse involucrados en investigaciones de vanguardia a través de las actividades que realizan en el aula favorece la motivación de las y los estudiantes, lo que a su vez promueve su curiosidad y mentalidad analítica. Al utilizar el juego en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en forma de desafíos, también repercute en forma de beneficios a nivel de las competencias desarrolladas por los alumnos:

Espíritu de equipo

Durante los procesos de aprendizaje tradicionales, la mayoría de las veces, cada estudiante trabaja en favor de su propio desarrollo personal frente a los conocimientos o habilidades a adquirir. Pero aquí, en el marco del reto, será preciso trabajar las Ciencias de la Tierra en grupo porque el objetivo final es ganar como equipo y no se limita a una

simple participación de personas una al lado de la otra. El grupo involucrado debe formar un equipo donde cada participante aporte su grano de arena en el resultado final. Tan pronto como se anuncian las reglas del juego, se establece este espíritu de equipo, lo que también significa que espacialmente en el aula las y los estudiantes no se sitúan uno al lado del otro frente a la profesora o profesor. Por el contrario, se estructuran en pequeños grupos después de organizar su trabajo para interactuar juntos y ser efectivos.

Por ejemplo, en el marco de la investigación sobre los datos para responder a las preguntas de respuesta múltiple (PRM) durante la primera parte de los retos, la organización más clásica en el Lycée Français de Shanghai es la siguiente: una persona anota el número de las PRM en la pizarra. Luego el alumnado se reagrupa en parejas (estas agrupaciones no siempre son las mismas, pero son elegidas por los propios participantes) para trabajar en la pregunta que eligen, indicando con una cruz en la pizarra la pregunta elegida. Cuando una pareja ha finalizado una pregunta, el número correspondiente se elimina de la tabla y la misma pareja se ocupa de otra pregunta. Esta técnica desarrollada por este centro educativo, y que ahora se propone cada año, permite que todo el grupo trabaje eficazmente todas las preguntas. Poco a poco responden todas las preguntas en un mismo documento final que se proyecta en la pizarra y cada pareja lo lee en voz alta. También explican al resto de la clase por qué se eligió la respuesta. Esta discusión permite que toda la clase valide todas las respuestas que se enviarán en representación de su centro educativo.

Durante el trabajo de la parte técnica, en la experiencia de diseño, nuevamente se pone en práctica una dinámica real de equipo. Cada estudiante, con sus propias habilidades, tiene la oportunidad de aportar sus puntos fuertes al grupo. Personas con capacidades creativas, científicas, literarias... participarán en el proyecto aportando las ideas, las técnicas y la planificación necesarias para abordar el video final que se enviará. Se trata de un trabajo en equipo donde cada persona se enorgullece de poder asumir las labores que mejor domina. Esta dinámica de grupo es posible gracias a la motivación compartida del reto. Esta actitud positiva de escucharse los unos a los otros proviene del hecho de que todos trabajan para conseguir el mismo objetivo y tienen claro el interés de hacerlo de este modo.

Mayor autonomía

Cuando estamos inmersos en la resolución de un reto de Namazu, son las y los estudiantes quienes participan. Por lo tanto, el profesorado adquiere un papel pasivo a diferencia del papel activo que asume en la enseñanza clásica. Si el profesorado asume el protagonismo, el alumnado seguirá sus indicaciones y la mayoría perderán el interés en el desafío. Peor aún, el resultado podría ser parcial y, especialmente, las y los estudiantes sabrán que ese resultado no proviene únicamente de su trabajo. Así pues el papel del profesorado es proporcionar las directrices, en su caso sugerir algunas pistas, y luego permitir que los estudiantes piensen. El formato contempla suficientes semanas para permitir

que los estudiantes apliquen alternativas para finalmente llegar a una solución original que resuelva el problema. Los equipos se enfrentan al reto con un elevado grado de autonomía. Deben analizar el desafío y hacer propuestas que permitan validar si su protocolo funciona. Tienen que probar, ajustar lo que está mal. Pueden hacer varias propuestas y elegir la mejor entre todos. En resumen, desarrollan un espíritu científico gracias a su autonomía frente al problema planteado.

Por ejemplo, durante el diseño del paracaídas para simular la caída de un huevo (la llegada del módulo al suelo marciano), o incluso cuando tuvieron que trabajar con un brazo robótico para simular el despliegue del "SEIS" (nuestro sismómetro marciano), se distribuyeron el trabajo en pequeños grupos. Comenzaron con una lluvia de ideas sobre conceptos, cada uno más original que el otro. A continuación construyeron, probaron y analizaron la mejor propuesta para presentar en la competición. Esta autonomía en su enfoque, en su pensamiento y en su concepción se ve claramente favorecida por este ambiente lúdico, que motiva a los estudiantes a valerse por sí mismos para participar en este concurso. Por lo tanto todos entienden que el profesorado juega un papel de asesor en su participación y que, son los estudiantes quienes de forma autónoma son los protagonistas del desafío.

Obviamente esta autonomía conceptual va acompañada, evidentemente, del desarrollo de la autonomía en relación con el uso de recursos (bases de datos, tecnologías de la información o herramientas técnicas). Recientemente, para analizar la influencia de las variaciones térmicas en la superficie de Marte sobre los registros de las señales sísmicas, los estudiantes descubrieron dos herramientas técnicas (una cadena EXAO -EXperimentación Asistida por Ordenador- y las placas ARDUINO⁵) que utilizaron para lograr su objetivo (Fig. 4).

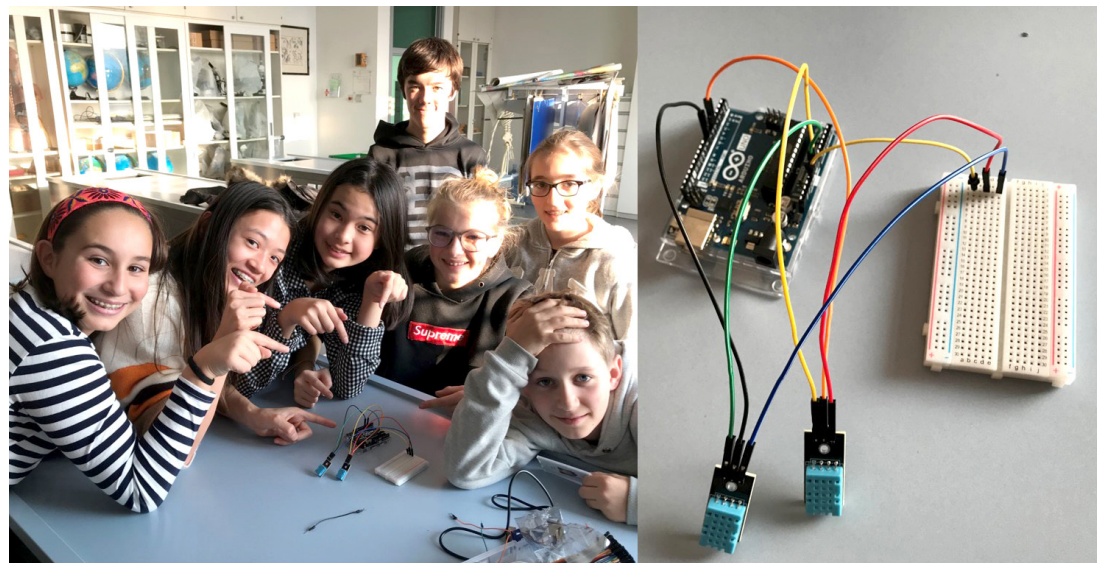
Esta forma de trabajar permite que cualquier estudiante independientemente de sus características y habilidades se sienta valorado en su centro escolar. Por ejemplo, hace algunos años participó en el desafío de Namazu un estudiante muy introvertido que siempre estaba solo y tenía poco éxito entre sus compañeros. Este alumno era mucho más hábil en el manejo de herramientas informáticas que el resto de estudiantes. Su contribución fue muy demandada por sus compañeros lo que supuso un refuerzo de autoconfianza muy importante para él. La persona en cuestión se dio cuenta de que tenía habilidades que interesaban a los demás y que nunca había tenido la oportunidad de mostrar. Este descubrimiento repercutió en todas las asignaturas ya que a partir de este momento cambió radicalmente.

Sentido de la comunicación agudizado

En el proceso de enseñanza - aprendizaje de las Ciencias de la Tierra y través del juego los estudiantes encuentran al menos tres situaciones en las que desarrollan su capacidad de comunicación: a) entre sí para responder a los desafíos, b) en el

⁵ EXAO: <https://www.jeulin.fr/produits/exao.html>, ARDUINO: <https://www.arduino.cc/education>

Fig. 4. Uno de los equipos de Shanghai trabajando en el segundo desafío de 2020 (construir un sensor térmico con componentes ARDUINO para modelizar el impacto térmico del clima marciano en sismógrafos con o sin protección).



marco de las preguntas específicas de un desafío interactuando con investigadores o estudiantes de otros centros, y c) en la realización del video final que muestra todas las etapas de su concepción, desde la lluvia de ideas inicial hasta la realización de la experiencia (Video 1: <http://namazu.unice.fr/namazu-archive> - Ver 2018-2019).

- a) En el primer caso el alumnado desarrolla, esencialmente, la comunicación verbal sin darse cuenta. El hecho de trabajar en grupo y tener que argumentar cada paso del progreso del desafío para que sea validado por todo el equipo requiere que los estudiantes sean claros, precisos y mejoren en la comunicación oral.
- b) La comunicación con el personal investigador y con otros centros escolares se realiza normalmente por escrito como consecuencia del desfase horario, aunque a veces es posible realizar videoconferencias. En este caso los estudiantes desarrollan su comunicación escrita, ya sea en inglés en entornos científicos, o en francés con las otras escuelas. Una vez que obtienen todas las respuestas tienen que redactar un artículo, por lo que se pone en práctica la comunicación escrita.
- c) La comunicación que permite a las y los estudiantes presentar su trabajo se realiza habitualmente en forma de video. Se trata, por tanto, de una presentación audiovisual donde, obviamente, es necesario poner en práctica la comunicación oral y escrita. Este trabajo les obliga a diseñar la estructura del guion, a escenificar sus conclusiones, a reflexionar sobre los diferentes encuadres, etc. En esta etapa el uso de los formatos y herramientas audiovisuales les permiten desarrollar, además de su rigor científico, diferentes habilidades de comunicación. La realización de este video supone una motivación adicional en la que deben pensar desde el comienzo del desafío. A veces esta comunicación final incluye un aspecto más artístico y algunas propuestas se presentan en forma de historieta o cómic (Fig. 5 - <http://namazu.unice.fr/namazu-archive> - Ver 2017-2018).

La motivación de los estudiantes para enfrentarse a los diferentes desafíos cada año les aporta más autonomía, espíritu de equipo y un fuerte sentido del valor de la comunicación. En cuanto a los temas, les permiten comprender mejor los diferentes fenómenos físicos de las Ciencias de la Tierra y tener una mentalidad crítica frente a los diferentes fenómenos que observan. Realmente es una contribución educativa positiva a la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en nuestras escuelas.

Las capacidades adquiridas durante esta actividad, permiten a los estudiantes ser verdaderos motores en las aulas de Ciencias de la Tierra, lo que demuestra el valor añadido del proyecto de Namazu.

¿QUÉ BENEFICIOS TIENE PARA EL PROFESORADO Y LOS CENTROS EDUCATIVOS?

Además de los beneficios comentados para el alumnado, el reto de Namazu aporta nuevos recursos para el profesorado involucrado en el proyecto. Casi todas las ramas de las Geociencias se caracterizan por generar gran cantidad de información científica reunida en diferentes bases de datos, algunas de las cuales son de libre acceso. Ya hemos indicado las dificultades inherentes al uso de datos en la educación por parte del colectivo docente. De hecho, es muy difícil para el profesorado de educación primaria y educación secundaria, cuya formación inicial es heterogénea y generalista poder encontrar datos útiles e integrarlos pedagógicamente en sus aulas, experimentos o actividades. Además, una vez que disponen de los datos (por ejemplo, el sismograma de un terremoto), resulta complicado e inclusive a veces imposible conocer y dominar las herramientas que permiten su procesamiento y visualización (software de procesamiento de sismogramas y posiblemente software para visualizar los datos procesados en un mapa). El profesorado suele aludir dificultades para encontrar datos en línea, para obtener datos relevantes para sus actividades de enseñanza o para conseguir las herramientas para procesarlos, tareas que conllevan mucho tiempo cuando se



Fig. 5. Comic producido por los estudiantes del Lycée JMG Le Clézio en Port Vila (República de Vanuatu) (<http://namazu.unice.fr/namazu-archive-Ver 2017-2018>).

desconocen los recursos implicados (Courboulex *et al.*, 2012). Por eso el uso de juegos/concursos como Namazu permite tanto motivar al alumnado, como inducir a la participación en cursos de formación continua al profesorado (Fig. 6). Estos cursos pueden diseñarse como tutoriales a distancia.

El proyecto Namazu cuenta con la particularidad de estar basado en una red de estaciones sismológicas internacionales (se apoya, en parte, en la red de centros educativos franceses en el extranjero: AEFÉ). Cabe señalar que la instalación de estas es-

taciones en un entorno escolar permitió dinamizarlas. Por ejemplo, se han creado clubes dedicados a la gestión y el uso de estos sismómetros y, más ampliamente, al estudio de las Geociencias. Estas estaciones también han permitido estimular el trabajo interdisciplinar. De hecho la presencia de estas estaciones de medida y registro es un excelente pretexto para realizar actividades interdisciplinares (Geografía, Matemáticas, Física, Informática, pero también en otros idiomas a nivel hablado y escrito). Por su naturaleza, estas estaciones deben operar

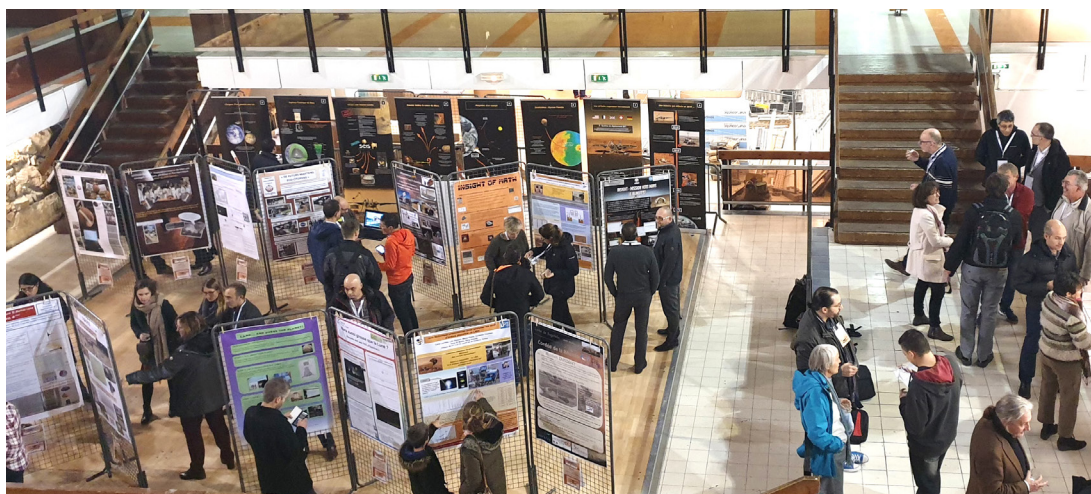


Fig. 6: Sesión de posters durante una reunión de formación continuada para docentes de Ciencias de la Tierra (marzo de 2019, Valbonne, Francia).

en red lo que posibilita federar todos estos centros para intercambiar los datos grabados. A partir de este intercambio se crea una red entre centros con sinergias que con el tiempo organizan trabajos conjuntos, intercambios de experiencias, seminarios...

Finalmente este tipo de proyectos permite crear un vínculo con el mundo científico e integrarlo en los centros escolares. A lo largo de estos años se han establecido patrocinios y colaboraciones entre los centros de la red y organismos de investigación franceses o internacionales (Université Côte d'Azur, CNES, NASA).

CONCLUSIONES

El desafío de Namazu es un juego educativo científico que, desde hace cinco años, ofrece la oportunidad de trabajar en temas de Ciencias de la Tierra a numerosos centros educativos de Francia, de sus colonias de ultramar y del extranjero. Los retos, que primero dependían de las bases de datos de la red «SISMOS à l'École», ahora se elaboran utilizando los datos generados por la misión InSight Mars de la NASA. Por lo tanto cada nueva edición del desafío facilita el acceso a bases de datos cada vez más grandes, al ofrecer al alumnado, por un lado, una investigación en forma de preguntas de respuesta múltiple y, por otro, la concepción de un modelo o una experiencia relacionada con ese mismo proyecto. La participación en estos juegos científicos permite a las escuelas formar parte de una red y facilita que las y los estudiantes descubran el mundo de la investigación mientras adquieren conocimientos y habilidades científicas. Además el hecho de plantear el aprendizaje de forma lúdica también potencia el desarrollo de otras habilidades en el alumnado, tales como el trabajo de equipo, su autonomía frente a los conceptos científicos y el manejo de herramientas informáticas o técnicas. La culminación de los desafíos mediante la presentación de un audiovisual también les permite desarrollar sus competencias comunicativas orales y escritas y su rigor científico.

Participar en el concurso de Namazu como parte de la educación científica en la escuela también es un excelente incentivo para proporcionar actividades de capacitación al profesorado que participa en el proyecto. El personal académico, a través de su implicación en el desafío y la formación recibida, consigue utilizar las herramientas y las bases de datos en otras parcelas de su labor docente. También es una forma, para el propio centro educativo, de estimular el trabajo interdisciplinar y, a través de la red, establecer relaciones entre el personal docente de todo el mundo.

Durante los últimos cinco años, hemos constatado que el reto de Namazu ha tomado múltiples formas porque ha sido capaz de adaptarse a diferentes audiencias involucradas en diferentes proyectos (SISMOS en la Escuela en Francia, Geología de la

red asiática de escuelas secundarias francesas y más tarde con la planetología comparada de InSight Education). Asumimos, por ello, que el formato de la competición académica podría llegar a abordar otras temáticas y abrirse a público más amplio. ¡El desafío ya ha sido elegido por las escuelas para el comienzo del nuevo curso escolar 2020/21!

Esta experiencia educativa en Geociencias se ha demostrado muy positiva y ha tenido una excelente acogida por parte de los centros educativos, el profesorado y el alumnado. Enseñar y aprender jugando es un método educativo efectivo y beneficioso para todos.

AGRADECIMIENTOS

El desafío de Namazu se ha desarrollado con el apoyo de muchos profesores y profesoras a quienes queremos reconocer aquí su compromiso y dedicación a esta iniciativa. También debemos agradecer la colaboración de la comunidad investigadora que ha apoyado todas las acciones educativas, desde "SISMOS a l'École" hasta la misión InSight en la actualidad. Finalmente agradecemos la buena disposición de la unidad de Educación del laboratorio Géoazur (Université Côte d'Azur), que coordina el desafío de Namazu, por proporcionar datos de acceso gratuito para la Educación.

BIBLIOGRAFÍA

Balestra, J., Berenguer, J.-L., Bigot-Cormier, F., Rolland, L., Ambrois, D., Van Driel, M. y Lognonne, P. (2020). The InSight Blind Test: An Opportunity to Bring a Research Dataset into Teaching. *Seismological Research Letters*, 91 (2A): 1064-1073, doi:10.1785/0220190137.

Berenguer, J.L., Pascucci, F. y Ferry, H. (2009). Le cahier d'activités du SISMO, *version 2, Nice, Scéren Nice*, 110p.

Berenguer, J.L., Courboux, F., Tocheport, A. y Bouin, M.P. (2013). Tuned in to the Earth ... from the school EduSismo: the French educational seismological network. *Bulletin de la Société Géologique de France, January/February 2013*, 184: 183-187, doi:10.2113/gssgfbull.184.1-2.183.

Bigot-Cormier, F. y Berenguer, J.L. (2017). How Students Can Experience Science and Become Researchers: Tracking MERMAID Floats in the Oceans. *Seismological Research Letters*, 88 (2A): 416-420, doi:10.1785/0220160121.

Courboux, F., Berenguer, J.L., Tocheport, A., Bouin, M.P., Calais, E., Esnault, Y. y Virieux, J. (2012). SISMOS à l'École: A Worldwide Network of Realtime Seismometers in Schools. *Seismological Research Letters*, 83(5): 870-873, doi:10.1785/0220110139.

Lomax, A. (2000). The Orfeus Java Workshop: Distributed Computing in Earthquake Seismology. *Seismological Research Letters, Volume 71*, Number 5, doi: 10.1785/gssrl.71.5.589. ■

Este artículo fue recibido el día 3 de abril de 2020 y aceptado definitivamente para su publicación el 8 de junio de 2020.