

¿Quién se dedica a la geología? Llevando a las geólogas a las aulas

What do Geologists do? Bringing women geologists into the classroom

GUIONAR CALVO¹ Y PEDRO LUCHA²

¹ Departamento de Didácticas Específicas. Facultad de Educación. Universidad de Zaragoza. c/Pedro Cerbuna 12. 50007. Zaragoza. gcalvoze@unizar.es

² Departamento de Didácticas Específicas. Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación. c/Valentín Carderera 4. 22003. Huesca. plucha@unizar.es

Resumen La experiencia que se presenta está compuesta por tres actividades creadas para el segundo y tercer ciclo de Educación Primaria en las que se trabaja la geología desde una perspectiva de género. Cuentan con un triple propósito, por un lado, darles visibilidad a las mujeres en la ciencia, por otro, que el alumnado conozca cómo se investiga y trabaja en geología y, finalmente, fomentar algunas prácticas científicas. En la primera actividad se trabaja con cuatro textos sobre cuatro geólogos y geólogas diferentes para conocer la visión que tienen los estudiantes de esta disciplina y de las personas que se dedican a ella, usando una aproximación similar a la del Draw a Scientist Test (DAST). La segunda se centra en conocer las biografías de varias geólogas y saber a qué problemas se tuvieron que enfrentar, proponiendo realizar además un pequeño debate y reflexión en torno al papel de la mujer en la ciencia. Por último, en la tercera, se usan dibujos de vertebrados fósiles realizados por mujeres como punto de partida para una actividad de elaboración de preguntas investigables. Con esta secuencia, que puede llevarse a cabo de forma parcial o completa, se busca tratar de forma indirecta la perspectiva de género en las aulas y hacer que el alumnado sea más consciente del problema existente.

Palabras clave: DAST, Educación Primaria, estereotipos de género, historia de la ciencia, preguntas investigables.

Abstract *The experience presented here consists of three activities created for the second and third cycle of Primary Education focusing on geology from a gender perspective. They have a triple purpose: on the one hand, to give visibility to women in science, on the other hand, to teach students how geology is researched and worked and, finally, to promote some scientific practices. In the first activity we work with four texts about four different geologists to learn the vision that students have of this discipline and the people who work in it, using the Draw a Scientist Test (DAST). The second focuses on the biographies of several female geologists and the problems they had to face, proposing a small debate about the role of women in science. Finally, in the third one, drawings of fossil vertebrates made by women are used as a starting point for an activity to elaborate researchable questions. This sequence, which can be carried out partially or completely, seeks to indirectly address the gender perspective in the classroom and make students more aware of the existing problem.*

Keywords: DAST, gender stereotypes, history of science, inquiry questions, Primary Education.

INTRODUCCIÓN

En las primeras etapas educativas los estereotipos de género que parece tener el alumnado son más marcados, aunque algunos estudios indican que van disminuyendo con la edad según se van formando su identidad y se vuelven más críticos (Fernández-Cézar y Sáez-Gallego, 2020). Es en las etapas de Educación Infantil y Educación Primaria cuando las niñas empiezan a relacionar ciertas ocu-

paciones con determinados géneros. Estos sesgos pueden incluso modificar la percepción que tienen de ellas mismas y afectar de forma negativa a sus habilidades y competencias en matemáticas o ciencias (Steinke et al., 2007).

Muchos son los estudios que se han llevado a cabo para conocer qué imagen tienen los estudiantes de Educación Primaria sobre las personas que se dedican a la ciencia. El uso del Draw a Scientist Test (DAST) (Chambers, 1983) está muy extendido.

Durante una década esta prueba se administró a más de 4800 niños y niñas de entre 5 y 11 años, y tanto en este, como en otros trabajos posteriores, se ha observado que el alumnado tiende a retratar a los científicos como varones caucásicos que trabajan de forma solitaria en un laboratorio (DeWitt y Archer, 2015). De hecho, de los dibujos recopilados en el estudio inicial, en apenas treinta aparecía dibujada una mujer (Chambers, 1983). Debido a las limitaciones que tienen este tipo de herramientas, se han creado versiones en las que se dan instrucciones más concretas, se añaden preguntas para aclarar ciertos aspectos del dibujo o se centran en elaborar dibujos de personas que se dedican a una especialidad determinada (Farland-Smith, 2012; Durukan y Sadoglu, 2018; Toma et al., 2018; Radloff y Hall, 2022).

A pesar de los avances, se sigue viendo que, aunque con el paso del tiempo el porcentaje del alumnado que dibuja a mujeres aumenta, se mantiene la predilección entre los niños de mayor edad de dibujar varones. Sin embargo, en el caso de los dibujos hechos por niñas, sí se aprecia que tienden cada vez más a dibujar a científicas, siendo esta una posible respuesta al aumento de la representación de las mujeres en ciencia (Miller et al., 2018). Aun así, en determinados campos, las mujeres siguen estando infrarepresentadas.

Habiendo quedado patente esta disparidad de representación entre mujeres y hombres que se dedican a la ciencia en los dibujos del alumnado, y la falta de figuras femeninas en diversos materiales (Manassero y Vázquez, 2003; López-Navajas, 2015; Ramos Rodríguez y Vázquez Recio, 2022), resulta necesario promover y llevar a cabo actividades donde se tenga en cuenta este aspecto para proporcionarle al alumnado una visión menos sesgada. En este sentido, visibilizar el papel que ha tenido la mujer en la historia y evolución de la ciencia y del conocimiento científico, conocer sus aportaciones y trabajar con ellas y sobre ellas en las aulas, puede ayudar a proporcionarles una imagen más realista.

Existen propuestas que buscan dar visibilidad a las científicas de forma explícita, ya sea incorporando información o secciones específicas sobre científicas y perspectiva de género en determinadas actividades, trabajar con sus biografías, con el contexto social en el que vivieron o con sus aportaciones (Jiménez, 2009; Solsona Pairó, 2015; Saéz Bondía y Clavero Pagés, 2016; Chen, 2019). Sin embargo, resulta todo un reto imbricar eficazmente la enseñanza de la perspectiva de género en las aulas con el aprendizaje científico del alumnado. Para tratar de abordarlo, en la secuencia aquí recogida, se pretende, además de concienciar sobre el papel de la mujer en la ciencia, que el alumnado aprenda prácticas científicas como “formular preguntas” o “planificar y llevar a cabo investigaciones científicas” (National Research Council, 2012).

DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA

La secuencia didáctica se puede llevar a cabo de forma completa o parcial, en función de las necesidades y adaptaciones que sea necesario realizar en el aula. Junto a las descripciones de cada actividad

se incluye un anexo a modo de contextualización con información complementaria. Todos los archivos relacionados con las tres actividades (fichas, presentaciones, ilustraciones...) se pueden descargar en el siguiente enlace: <https://bit.ly/3inoum2> o solicitarse a los autores.

Actividad 1: ¿Quién se dedica a la geología?

Esta primera actividad busca conocer qué imagen tiene el alumnado de Educación Primaria sobre las personas que se dedican a la geología, partiendo de principios similares al DAST. Para ello, se pone a su disposición cuatro breves textos redactados de forma neutra sobre cuatro personas que se dedicaron a esta disciplina entre los siglos XIX y XX (Fig. 1). Cada uno de estos textos describe las investigaciones llevadas a cabo por una persona distinta; dos describen actividades realizadas por mujeres y dos por hombres. En concreto, narran investigaciones realizadas por Charles Lyell (A), Mary Anning (B), Marguerite Thomas Williams (C) y Bunjiro Koto (D). La selección de estas cuatro figuras ha sido intencionada; procurando que muestren la diversidad de las personas que se dedican a la geología y que cada una represente un campo diferente de estudio dentro de la geología.

Una vez terminada la lectura, se les pide que reflexionen y dibujen cómo creen que es la persona que las ha llevado a cabo:

- Dibuja cómo crees que es la persona que llevó a cabo estas investigaciones.

Los textos permiten dar sentido y contexto a la pregunta. Si las preguntas que formula el personal docente no están contextualizadas, el alumnado interpreta que la finalidad es la evaluación y, por lo tanto, emite respuestas con la finalidad de agradar al interlocutor (docentes) dando lugar a reproducciones de ideas presentes en los libros de texto o a otras ideas estereotipadas. Al dotar a la pregunta de un contexto, esta cobra sentido por sí misma y de esta manera los alumnos expresan ideas más personales (Márquez y Roca, 2006).

Tras dejar tiempo suficiente, se puede solicitar que describan con más detalle qué tipo de personas han dibujado y qué habilidades piensan que han necesitado para poder llevar a cabo las investigaciones descritas.

Para finalizar, se pueden: (a) proyectar imágenes y fotografías de las personas protagonistas de cada texto para que vean cómo eran y comprueben si coincide con la imagen que se habían hecho, (b) añadir explicaciones adicionales sobre sus biografías, sus investigaciones y sobre los contenidos de geología implicados. Para ello, en el anexo hay breves biografías y algunos aspectos que pueden resultar de interés para ayudar al alumnado a comprender la relevancia de estas investigaciones. Esta actividad puede usarse además como base para crear un debate en torno al papel de la mujer en la ciencia y, en particular, en la geología.

Actividad 2: Aprendiendo geología de la mano de expertas

El principal objetivo de esta segunda actividad es dar a conocer entre el alumnado los nombres y vivencias de algunas mujeres que se dedicaron a

A

En la ciudad de Pozzuoli (Italia) hay un yacimiento arqueológico. Destacan los restos de un mercado construido por los romanos entre el Siglo I y el Siglo II d.c. del que quedan tres grandes columnas.

La persona protagonista de esta historia visitó estas ruinas durante uno de sus viajes. Al mirarlas más de cerca, observó que en las tres columnas aparecían unas bandas rugosas siempre a la misma altura. Pensó que las podían haber hecho unos moluscos perforantes marinos que viven entre el fango. ¿Cómo era posible?

Esas marcas querían decir que después de haberse construido el templo, un movimiento vertical hizo que quedara sumergido bajo el agua. Así, estos moluscos pudieron atacarlas y dejar su huella en ellas. Pero como hoy en día estas columnas están dos metros por encima del nivel del mar, el terreno se había tenido que volver a mover una segunda vez.

Esta observación contribuyó a reforzar la teoría según la cual la corteza terrestre se ve afectada por fuerzas que actúan de forma lenta, gradual y continua.

B

La persona protagonista de esta historia solía ir, junto a su hermano, su padre y su perro, a buscar fósiles en los acantilados después de una tormenta.

Un día encontró los restos fósiles de un animal muy extraño que parecía una mezcla entre un lagarto y un delfín. ¡Media más de cinco metros! Como era enorme, tardó varios días en sacarlo entero de la roca y necesitó la ayuda de muchas personas. Con el tiempo, recuperó muchos animales fósiles diferentes de las rocas con sus herramientas.

Escribió muchas cartas llenas de información sobre fósiles que encontraba en los acantilados. También recibió cartas de otras personas muy famosas de su época. Durante muchos años se publicaron libros y artículos sobre los restos fósiles de estos acantilados. Aunque esta persona los había descubierto, casi nunca se mencionaba su nombre.

Hoy en día, varios ejemplares de algunos de los animales más espectaculares que encontró los podemos ver en un famoso museo de Londres.

C

Hace muchos años, una persona se preguntó por qué a veces los ríos se salen de su cauce e inundan las ciudades. Se interesó por un río que atraviesa una de las ciudades más importantes de Estados Unidos que solía quedar inundada muchas veces.

Las personas intentaban proteger su ciudad de los efectos del agua con barreras hechas con sacos de arena, pero no era suficiente. Había que buscar el origen del problema.

Estudió el río, qué tipo de vegetación había, qué cultivos había y dónde estaban situadas las ciudades. Vio que en zonas donde antes había árboles y bosques, solo quedaban campos de cultivo y ciudades. El ser humano había alterado tanto el paisaje que el río no tenía otra alternativa que inundar las ciudades que atravesaba cuando llevaba demasiada agua.

Este trabajo fue uno de los primeros en reflejar el impacto que tienen las actividades del ser humano sobre nuestro entorno y sirvió para comprender mejor algunos procesos geológicos.

D

Un 28 de octubre se produjo un gran temblor en las islas de Japón que acabó con la vida de más de 7.000 personas. Las fracturas del terreno asociadas a este terremoto llegaron a alcanzar los 80 kilómetros de longitud. Se produjeron desplazamientos horizontales y verticales del terreno de varios metros a ambos lados de las fracturas.

En esa época, se creía que los grandes terremotos eran el resultado del magma que se movía bajo tierra o incluso de explosiones subterráneas.

Una persona visitó la zona más afectada por el terremoto pocos días después de producirse. Le impresionaron mucho las fracturas y pensó que tal vez la explicación tradicional no era correcta.

Después de investigar mucho en el terreno y de leer mucho sobre terremotos llegó a una importante conclusión. La fractura y deslizamiento repentino de una parte del terreno con respecto a la otra había sido la causa del terremoto y no simplemente una consecuencia.

la geología para que reflexionen sobre el papel de la mujer en ciencia tanto en el pasado como en el presente, así como comprender la relación que estas tuvieron con el contexto social y cultural de sus correspondientes épocas.

Para ello, se han seleccionado tres mujeres: Martine de Bertereau, Maria Graham y Marie Tharp. Esta selección se ha hecho de forma intencionada, dado que en los libros de divulgación que tiene a disposición el alumnado de Educación Primaria las geólogas no aparecen frecuentemente representadas

(Sanz-Pérez y Valenzuela-Toro, 2023). Siendo que las condiciones sociales y personales limitaban mucho a las mujeres a la hora de dedicarse a la geología, se ha optado por seleccionar tres que vivieron en distintos momentos históricos para ver si ha cambiado esta situación (siglos XVI-XVII, XVIII-XIX y XX-XXI, respectivamente). Además, se ha buscado que cada una se pudiera relacionar con un campo diferente de la geología y/o que hubieran tenido un papel relevante en la evolución de la historia de la geología. En el anexo se incluyen breves biografías

Fig. 1. Textos de la actividad 1: ¿Quién se dedica a la geología? A: Charles Lyell, B: Mary Anning; C: Marguerite Thomas Williams, D: Bunjiro Koto.

Fig. 2. Arriba: ilustración de Ichthyosaurus realizada por Maria Hack (Hack, 1832). abajo: ilustración de Deinotherium realizada por Delia Godding (Godding, 1847).

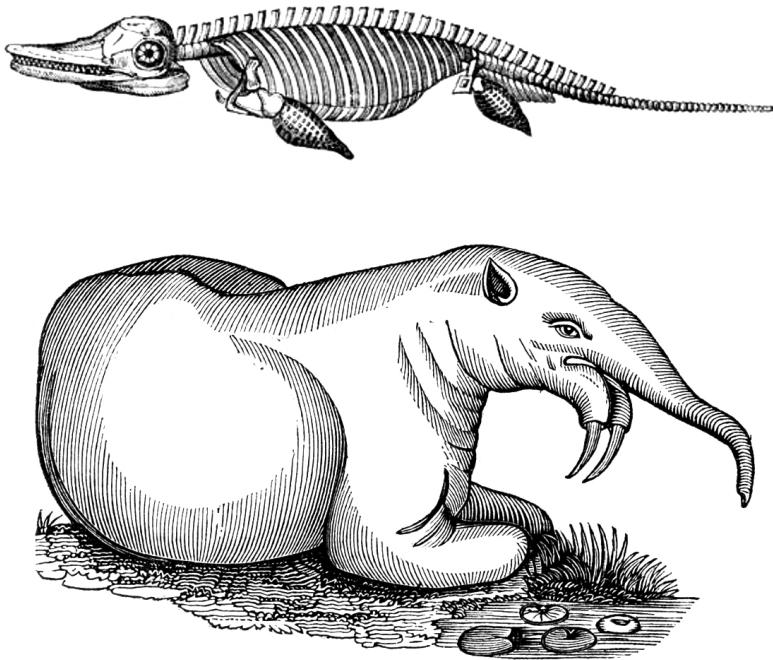
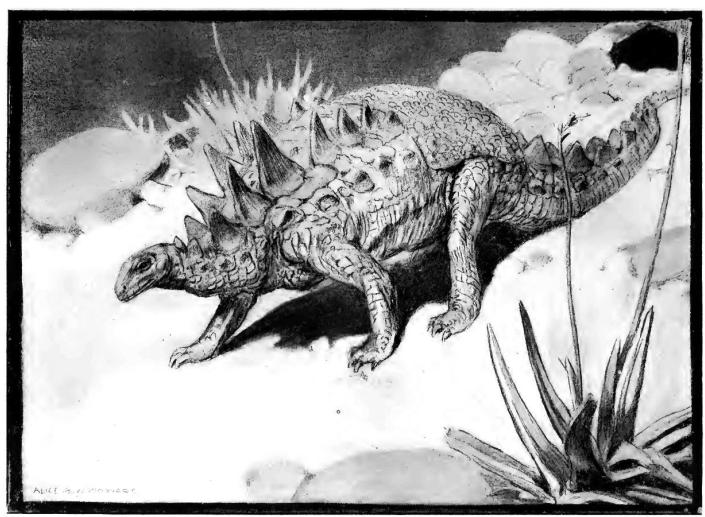
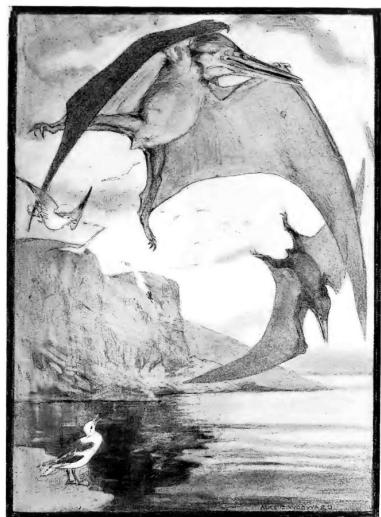


Fig. 3. Dos ilustraciones realizadas por Alice B. Woodward que se emplean en la actividad 3 (Knipe, 1912).



de María Graham y de Marie Tharp, dado que en otro artículo de este mismo número ya aparece la de Martine de Bertereau.

En un primer momento, el profesorado debe hacer una presentación de las biografías de estas tres mujeres, haciendo hincapié en sus hallazgos o investigaciones y en los problemas a los que se tuvieron que enfrentar debido principalmente a su género. Como indicaciones, se le debe decir al alumnado que vaya rellenando la primera parte de la ficha de trabajo, que consiste en recopilar una serie de datos básicos sobre una de ellas, y responder a esta pregunta: ¿A qué problemas se enfrentó durante su carrera investigadora?

Posteriormente, deben reflexionar sobre lo que han escuchado; para ello, se les anima a responder a la segunda parte de la ficha:

- ¿Qué es lo que más te ha llamado la atención sobre ella?
- ¿Crees que sus problemas hubieran sido los mismos si hubiera sido un hombre? ¿Por qué?

Pasado un tiempo razonable, se hace una puesta en común centrada en las respuestas a estas dos preguntas. De forma complementaria, se puede organizar un debate sobre si creen que estas situaciones de injusticia o desigualdad detectadas todavía se dan en el presente. Por último, se les puede animar a buscar más información sobre estas o sobre otras geólogas.

Actividad 3: Investigador/a por un día

Con el doble propósito de contextualizar la actividad científica llevada a cabo por mujeres en diferentes épocas y de contribuir a que el alumnado aprenda a formular preguntas y a diseñar estrategias para resolverlas, se ha optado, en esta actividad, por trabajar con materiales elaborados por mujeres, mostrando así el potencial y la utilidad que pueden tener sus investigaciones y trabajos en las aulas.

Partiendo de cuatro ilustraciones realizadas por tres mujeres, se pretende conocer qué características esenciales de los seres vivos son tenidas en cuenta por el alumnado, así como favorecer el planteamiento de preguntas y la planificación de investigaciones. Estas ilustraciones se han seleccionado por estar hechas por mujeres (Fig. 2: Delia Godding y María Hack; Fig. 3: Alice B. Woodward) y por aparecer en libros de divulgación científica destinados a un público joven, publicados entre el siglo XIX y principios del XX. Llaman la atención las reconstrucciones de Alice B. Woodward (Fig. 4) que estaban dotadas, teniendo en cuenta los conocimientos de la época, de un gran nivel de realismo y precisión técnica.

La actividad se puede llevar a cabo de forma individual o por grupos; cada persona o grupo se puede especializar en un único vertebrado fósil y llenar la ficha correspondiente. Antes de comenzar, se les debe explicar que todas estas ilustraciones han sido realizadas por mujeres que se dedicaron a la divulgación o investigación en geología. Después de dejar un tiempo para que observen el dibujo, se les pide que respondan a las siguientes preguntas:

- ¿A qué animal actual te recuerda? ¿Por qué?
 - ¿Qué te gustaría saber sobre este animal?
- Escribe todas las preguntas que se te ocurran.

A continuación, se puede hacer una puesta en común de sus respuestas mientras se proyectan (o se les entrega en papel) las imágenes con el resto de los vertebrados fósiles si es que han trabajado por grupos con un único animal. Las preguntas se pueden ir apuntando en la pizarra haciendo cuatro columnas, cada una correspondiente a un ser vivo.

Tras ello, el profesorado debe seleccionar algunas de las preguntas apuntadas, idealmente una o dos para cada vertebrado. Deben ser preguntas con respuesta abierta, que permitan al alumnado poder planificar y llevar a cabo investigaciones científicas (Roca et al., 2013). De tal forma, tras esta selección, se les plantea a los estudiantes lo siguiente:

- ¿Qué necesitarías saber para poder responder a esta pregunta? ¿Cómo podríamos tratar de dar respuesta a estas preguntas seleccionadas?

Probablemente su primera intención sea (a) responder a las preguntas directamente basándose en sus observaciones o en lo que saben o (b) proponer como estrategia, la búsqueda de información directamente en los libros o internet. Sin embargo, se ha de recordarles que deben ponerse en el papel de la primera persona que encontró los restos fósiles de los animales cuyas ilustraciones se les han facilitado. Esas personas no tenían información escrita sobre estos vertebrados, así que deben proponer formas de resolver todos esos interrogantes que los animales de las ilustraciones les suscitan. Los planes de investigación expresados por el alumnado pueden dar lugar a pequeñas investigaciones escolares dónde, a partir de las características anatómicas de los restos fósiles y de la búsqueda de información, se pueden contestar algunas de las preguntas formuladas.

DISCUSIÓN ACERCA DE LA IMPLEMENTACIÓN EN EL AULA

Las actividades 1 y 3 han sido llevadas a cabo en un aula de 5º curso de Primaria, con 21 estudiantes, a lo largo de 4 sesiones (2 sesiones por actividad). La intervención realizada permite evaluar preliminarmente la secuencia diseñada.

Actividad 1: ¿Quién se dedica a la geología?

Al llevar a cabo esta actividad, se pudo evaluar qué estereotipos tenía el alumnado respecto a los roles de género y qué imagen tenían sobre la geología como ciencia. Tras la lectura de los textos, primero de forma grupal y luego individual, se resolvieron algunas dudas que habían ido surgiendo o se aclaron términos que no comprendían. Por ejemplo, en el texto de Charles Lyell aparece que las marcas fueron dejadas por moluscos perforantes, expresión que suscitó algunas preguntas. Se recogieron un total de 21 dibujos (7 del texto de Charles Lyell, 5 del de Mary Anning, 6 del de Marguerite Williams y 3 del texto de Bunjiro Koto). En cinco de los dibujos recogidos no aparecían personas dibujadas y en otros dos era imposible determinar si la persona que aparecía era hombre o mujer. De los restantes, en once aparecía representado un varón caucásico, situación que encaja con la visión estereotipada tan extendida entre el alumnado de Educación Primaria

de las personas que se dedican a la ciencia que queda patente en la bibliografía (DeWitt y Archer, 2015). Tan solo en tres de los dibujos aparecía una mujer dibujada. De estos, dos los habían hecho niñas y el tercero un niño. Llama la atención que, aunque los textos están redactados de forma neutra, de estos tres dibujos en los que sí aparecía una mujer, uno estaba relacionado con el texto sobre Mary Anning y el otro con el texto sobre Marguerite Williams.

En cuanto a la relación de los dibujos con las investigaciones que se describen en cada texto y su relación con la imagen de la geología que proyectan, se pudo ver que en algo menos de la mitad sí aparecían referencias concretas (las tres columnas en el caso del texto de Charles Lyell o fósiles en el caso del texto de Mary Anning) y en varios de ellos aparecían dibujadas herramientas adecuadas a la actividad y a ciertas tareas de una persona que se dedica a la geología (martillo, lupa, mochila...) (Fig. 4).

El alumnado quedó muy sorprendido cuando se les presentó quienes eran las cuatro personas protagonistas. El hecho de que dos fueran mujeres

Fig. 4. Dibujos realizados por dos de los estudiantes tras la lectura del texto de Charles Lyell.



fue una de las cosas que más les llamó la atención, poniendo así en evidencia la existencia de sesgos de género en esta franja de edad en lo referente a la visión que tienen de los científicos, algo que ya confirmado con sus dibujos. Otros aspectos que destacaron fueron las distintas épocas en las que vivieron, así como su diversidad en cuanto a nacionalidad, rasgos y etnicidad.

Actividad 3: Investigador/a por un día

Las preguntas que plantean actúan como mediadoras entre lo que el alumnado sabe, las pruebas (en este caso los dibujos de los 4 vertebrados) y lo que desean saber. Así, a través de las preguntas que formulan, expresan sus modelos científicos personales.

La realización de esta actividad indica que no todas las funciones de los seres vivos están representadas de la misma manera en las preguntas formuladas por el alumnado. Así, la mayoría de las preguntas versan sobre la función de relación (¿Dónde viven?, ¿Viven en manada?) y de nutrición (¿Qué comen?) y son minoría las preguntas relacionadas con la función de reproducción (¿Son mamíferos?, ¿Es ovíparo?) (Fig. 5). La frecuencia relativa de las preguntas relacionadas con cada una de las funciones de los seres vivos también parece depender del animal sobre el que versan las preguntas. Así, la capacidad de volar de *Pteranodon* motiva una mayor proporción de preguntas relacionadas con su modo de vida (¿A qué velocidad volaba?, ¿Se relacionaba con otras especies?) mientras que el singular aspecto de *Polacanthus* provocaría una mayor abundancia de preguntas sobre su anatomía (¿Cuántos cuernos tiene?, ¿Es fuerte?).

El alumnado también plantea numerosas preguntas sobre las características anatómicas de los animales de las ilustraciones (¿Cuánto pesa?, ¿Cuánto mide?), de lo que puede deducir que emplean las propias ilustraciones como base para formular sus preguntas. Un grupo más reducido de preguntas se

centra en aspectos relacionados con el modelo de fósil que con el modelo de ser vivo como: ¿Cuándo se extinguieron? o ¿Por qué se extinguieron?, siendo menos habituales aquellas centradas en aspectos históricos (¿En qué año se descubrió?, ¿Dónde se encontraron sus huesos?). La menor frecuencia de estas preguntas de índole paleontológica se podría explicar por el hecho de que el modelo de ser vivo y las funciones de los seres vivos están recogidos expresamente en el currículum de educación Primaria, pero no así el concepto de fósil o las características de la investigación paleontológica.

Las preguntas deseables en las clases de ciencias son preguntas abiertas que exigen la búsqueda de información, la recopilación de datos y la reelaboración de las ideas personales para emitir respuestas complejas (Benedict-Chambers et al., 2017). Sin embargo, frecuentemente, tanto los libros de texto como el profesorado prioriza las preguntas cerradas, de respuesta corta, que demandan reproducir conceptos o datos vistos previamente en clase y que, cognitivamente, únicamente movilizan la memoria de los estudiantes (Márquez y Roca, 2006).

La evaluación preliminar de las preguntas formuladas por el alumnado en el transcurso de esta actividad indica que existe un predominio de preguntas cerradas que se responden con un sí o un no (¿Convivieron con los humanos?) seguido de preguntas descriptivas que requieren la recogida y descripción de pruebas a través de estrategias muy sencillas (¿Cuánto mide?). También existe un buen número de preguntas abiertas que no pueden ser contestadas a través de una estrategia sencilla de observación o recogida de datos y que requieren la búsqueda de información y la elaboración de la respuesta (¿Por qué es grande?, refiriéndose al *Polacanthus*). Sin embargo, algunas de estas preguntas consideradas abiertas no habrían sido categorizadas así si el organismo por el que cuestionaban fuera un ser vivo existente en la actualidad en lugar de un organismo fósil extinto (¿Cuántas crías tienen?).

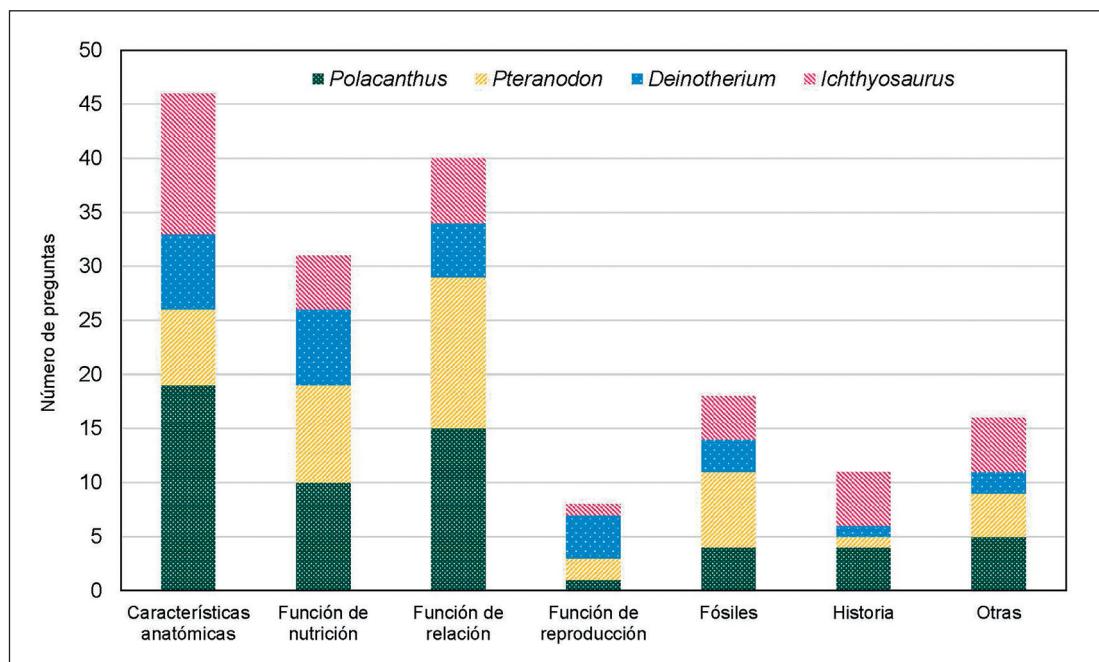


Fig. 5. Análisis de las preguntas que se plantea el alumnado sobre los cuatro vertebrados fosiles protagonistas de la actividad 3.

CONSIDERACIONES FINALES

La lectura de la literatura especializada sobre la visión que tiene el alumnado de Primaria y Secundaria de la ciencia y de los científicos indica que no siempre resulta sencillo compaginar la enseñanza de una visión no estereotipada de la ciencia con el desarrollo de las prácticas científicas en las aulas. A través de la secuencia de actividades planteada en este artículo se ha buscado específicamente darle una mayor visibilidad al papel de la mujer en ciencia y en concreto en la geología, especialidad que tradicionalmente se ha asociado a los hombres debido al tipo de trabajos que había que desempeñar.

Las actividades basadas en dibujar personas que se dedican a la ciencia permiten al alumnado no solo hacer explícitos los sesgos que pueden tener y reflexionar sobre ellos, sino que, en el caso de la geología, puede ayudarles a expresar cuál es su particular visión de esta rama de la ciencia. Con los resultados preliminares, se ha visto que, en la gran mayoría de los casos, el alumnado tiene tendencia a dibujar hombres, aunque la imagen de la geología que se ve proyectada en sus dibujos sí suele incluir algunas de las herramientas pertinentes y adecuadas a las investigaciones llevadas a cabo por los personajes históricos seleccionados. Además, el poder conocer distintas investigaciones llevadas a cabo en distintos ámbitos de la geología, les ha ayudado a ampliar su vocabulario y a tener una visión más extensa de esta disciplina.

Asimismo, se han escogido de forma intencional otros materiales, basados en las vivencias y en las ilustraciones realizadas por estas geólogas, que sirven para diseñar propuestas que ayudan a poner en práctica algunas destrezas científicas como “formular preguntas” o “planificar y llevar a cabo investigaciones científicas”. En este último caso, se ha visto que las preguntas formuladas por el alumnado en el transcurso de la tercera actividad recogidas en este trabajo sugieren que los estudiantes formulan predominantemente preguntas cerradas o preguntas descriptivas que se pueden responder a través de sencillas recogidas de datos y que no abundan las preguntas abiertas que motiven la realización de pequeñas investigaciones en el aula de Educación Primaria.

Para potenciar el papel que ha tenido la mujer en la ciencia, y en especial en la geología, no solo se pueden llevar a cabo secuencias que traten de forma explícita esta cuestión a través de trabajo biografías, sino que existen otras alternativas, como la presentada aquí, que permiten llevar a las aulas sus trabajos y aportaciones, empleando materiales directamente elaborados por ellas en el diseño de las actividades.

AGRADECIMIENTOS

Al CEIP El Parque de Huesca y en especial a Ana Claver por su colaboración a la hora de llevar a la práctica la secuencia de actividades en su aula. Al Grupo de referencia Beagle - Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales (S27_23R, Gobierno de Aragón), al proyecto PID2021-1236150A-Io del MINECO, al Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCa) y a las revisoras cuyos comentarios han servido para mejorar el manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

Barton, C. (2002). Marie Tharp, oceanographic cartographer, and her contributions to the revolution in the Earth sciences. En: *The Earth Inside and Out: Some Major Contributions to Geology in the Twentieth Century* (Ed: D.R. Oldroyd). Geological Society, London. Special Publications, 192, 215–228. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2002.192.01.11>

Benedict-Chambers, A., Kademian, S. M., Davis, E. A. y Sullivan-Palincsar, A. (2017). Guiding students towards sensemaking: teacher questions focused on integrating scientific practices with science content. *International Journal of Science Education*, 39(15), 1977-2001. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1366674>

Chambers, D. W. (1983) Stereotypic images of the scientist: The Draw-A-Scientist Test. *Science Education*, 67(2), 255–265. <https://doi.org/10.1002/sce.3730670213>

Chen, M. H. M. (2019). How Biographies of Women in Science, Technology, and Medicine Influence Fifth Graders' Attitudes Toward Gender Roles. *SAGE Open*, 9(4). <https://doi.org/10.1177/215824401989370>

Daubeny, C. (1826). *A Description of Active and Extinct Volcanoes*. Londres: W. Phillips, George-Yard y Joseph Parker.

Davis, L. E. (2012). Mary Anning: Princess of Palaeontology and Geological Lioness. *The Compass: Earth Science Journal of Sigma Gamma Epsilon*, 84(1), 57-88. <https://digitalcommons.csbsju.edu/compass/vol84/iss1/8>

De Witt, J. y Archer, L. (2015). Who Aspires to a Science Career? A comparison of survey responses from primary and secondary school students. *International Journal of Science Education*, 37(13), 2170–2192. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1071899>

Durukan, U. G. y Sadoglu, G. P. (2018). High school student's images of physicists. *International Journal of Progressive Education*, 14(4), 111-125. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2018.154.9>

Emling, S. (2009). *The Fossil Hunter: Dinosaurs, Evolution and the Woman Whose Discoveries Changed the World*. Palgrave Macmillan.

Farland-Smith, D. (2012). Development and field test of the modified Draw-a-Scientist Test and the Draw-a-Scientist Rubric. *School Science and Mathematics*, 112(2), 109–116. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00124.x>

Fernández-Cézar, R. y Sáez-Gallego, N. M. (2020). La percepción de la mujer en la educación científica en la Educación Primaria y Secundaria. ¿Es equitativa o estereotipada? *INFAD Revista de Psicología*, 1(2), 27-42. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2020.n1.v2.1817>

Goddard, D. W. (1847). *First lessons in geology*. Henry S. Parsons, Hartford.

Hack, M. (1832). *Geological sketches, and glimpses of the ancient earth*. Harvey and Darton, London.

Jiménez, J. (2009). Biografías de científicas, una aproximación al papel de la mujer en ciencias desde un enfoque socioconstructivista con el uso de las TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(2), 264-277. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_di-vulg_cienc.2009.v6.i2.06

Knipe, H. R. (1912). *Evolution in the past*. Herbert and Daniel. London.

Kölbl-Ebert, M. (1999). Observing orogen - Maria Graham's account of the earthquake in Chile in 1822. *Episodes*, 22(1), 36-40. <https://doi.org/10.18814/epiugs/1999/v22i1/006>

Koto, B. (1893). On the cause of the great earthquake in central Japan. *Journal of the College of Science, Imperial University*, 5, 295–353. <https://doi.org/10.15083/00037587>

- Lago, T. (2000). *La viajera ilustrada. Vida de María Graham*. Planeta.
- López-Navajas, A. (2015). *Las mujeres que nos faltan: análisis de la ausencia de las mujeres en los manuales escolares*. Tesis Doctoral. Universitat de València.
- Lyell, C. (1834). *Principles of geology: being an inquiry how far the former changes of the Earth's surface are referable to causes now in operation*. Tercera Edición. London: John Murray.
- Manassero, A. y Vázquez, Á. (2003). Las mujeres científicas: un grupo invisible en los libros de texto. *Investigación en la escuela*, 50, 31-45. <https://doi.org/10.12795/IE.2003.i50.03>
- Márquez, C. y Roca, M. (2006). Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias. *Revista educación y pedagogía*, 18 (45), 61-71.
- Mikumo, T. y Ando, M. (1976). A search into the faulting mechanism of the 1891 great Nobi earthquake. *Journal of Physics of the Earth*, 24, 63-87. <https://doi.org/10.4294/jpe1952.24.63>
- Miller, D. I., Nolla, K. M., Eagly, A. H. y Uttal, D. H. (2018). The development of children's gender-science stereotypes: a meta-analysis of 5 decades of U.S. Draw-A-Scientist studies. *Child development*, 89(6), 1943-1955. <https://doi.org/10.1111/cdev.13039>
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 science education: Practices crosscutting concepts, and core ideas*. National Academy Press.
- Oreskes, N. (2000). Laissez-tomber: military patronage and women's work in mid-twentieth century oceanography. *Historical studies in the physical and biological sciences*, 30, 373-392. <https://doi.org/10.2307/27757836>
- Radloff, J. y Hall, J. A. (2022). Development and testing of the Draw-a-Programmer test (DAPT) to explore elementary preservice teachers' conceptions of computational thinking. *Education and information technologies*, 27, 4301-4320. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10787-7>
- Ramos Rodríguez, A. M. y Vázquez Recio, R. M. (2022). Análisis de la presencia de las mujeres científicas en los libros de texto de Educación Secundaria y su repercusión en las carreras STEM. En: *Investigación y género. Proyectos y resultados en estudios de las mujeres* (Eds: M. E. García y A. M. de la Torre Sierra). Universidad de Sevilla, 622-645.
- Romano, M. y Chiocci, F. L. (2020). Celebrating Marie Tharp. *Science*, 370, 6523, 1415-1614. <https://doi.org/10.1126/science.abe7084>
- Roca, M., Márquez, C. y Sanmartí, N. (2013). Las preguntas de los alumnos: una propuesta de análisis. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 95-114. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/285706>
- Saéz Bondía, M. J. y Clavero Pagés, N. (2016). Hipatia de Alejandría: la dama de las ciencias. Una propuesta interdisciplinar en primaria a través del uso de textos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 628-642. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i3.09
- Sanz-Pérez, D. y Valenzuela-Toro, A. M. (2023). Evaluación de la representación de paleontólogas y geólogas en los libros de divulgación. En: *Libro de resúmenes XXXVII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. (Eds.: S. Ros-Franch, M.V. Paredes-Aliaga y C. Martínez-Pérez). Sociedad Española de Paleontología, 54.
- Solsona Pairó, N. (2015). Redefinir y resignificar la historia de la alquimia: Marie Meurdrac. *Enseñanza de las ciencias*, 33(1), 225-239. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1323>
- Steinke, J., Knight Lapinski, M., Crocker, N., Zietsman-Thomas, A., Williams, Y., Evergreen, S. H. y Kuchibhotla, S. (2007). Assessing media influences on middle school-aged children's perceptions of women in science using the Draw-A-Scientist Test (DAST). *Science Communication*, 29(1), 35-64. <https://doi.org/10.1177/1075547007306508>
- Thompson, C. (2021). Maria Graham and the Chilean earthquake of 1822: contextualizing the first female-authored article in *Transactions of the Geological Society*. En: *Celebrating 100 years of female fellowship of the Geological Society: discovering forgotten histories* (Eds.: C.V. Burek y B. M. Higgs). Geological Society, London. Special publication, 506, 117-124.
- Toma, R. B., Greca, I. M. y Orozco Gómez, M. L. (2018). Una revisión del protocolo Draw-a-Scientist-Test (DAST). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3104. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3104
- Turner, S., Burek, C. V. y Moody, R. T. J. (2010). Forgotten women in an extinct saurian (man's) world. En: *Dinosaurs and other extinct saurian: a historical perspective* (Eds: R. T. J. Moody, E. Buffetaut, D. Naish y D.M. Martill). Geological Society, London. Special publication, 343, 111-153.
- Vincent, A. (2020). Reclaiming the memory of pioneer female geologists 1800-1929. *Advances in Geosciences*, 53, 129-154. <https://doi.org/10.5194/adgeo-53-129-2020>
- Warren, W. (1999). *Black women scientists in the United States*. Indiana University Press.
- Williams, M. (1942). *A History of Erosion in the Anacostia Drainage Basin* [Tesis doctoral]. Catholic University of America Press ■

Este artículo fue recibido el día 27 de enero y aceptado definitivamente para su publicación el 14 de julio de 2022.

ANEXO

Actividad 1: biografías y contextualización de cada texto.

Texto A: Charles Lyell (1797-1875) es considerado uno de los padres de la geología moderna. Publicada entre 1830 y 1833, *Principios de geología* es su obra más conocida. En la ilustración que aparece en el frontispicio del primer volumen se pueden ver unas marcas, todas a la misma altura, en tres columnas de un edificio que anteriormente era considerado un templo (el templo de Serapis) pero que hoy en día se sabe que formaba parte del mercado público. Cuando este mercado se construyó, estaba por encima del nivel del mar; en algún momento el nivel del mar subió y sus restos quedaron sumergidos y expuestos a la acción de moluscos marinos perforantes (*Lithodamus lithophagus*), responsables de dejar marcas. Posteriormente, quedaron de nuevo expuestos y así se los encontró Lyell en 1828. Las teorías sobre qué había podido suceder fueron variando a lo largo del siglo XVIII. Al principio se sospechaba que los terremotos habían tenido un papel relevante pero otros autores lo descartaron ya que, según sus suposiciones, el nivel del mar no podía cambiar con el tiempo. Además, de haber tenido lugar un terremoto, suponían que las columnas deberían de haber quedado destruidas (Dabbeney, 1826). Tras visitar la zona, Lyell comparó sus observaciones con las realizadas en otros lugares y concluyó que el templo debía haber quedado sumergido debido a la subsidencia del terreno generada por los terremotos previos a la erupción volcánica del Solfatara en 1198 (Lyell, 1834). Las cenizas volcánicas expulsadas habrían caído en el mar, cubriendo la parte baja de las columnas, quedando a salvo de la acción de los moluscos. La fecha en la que volvieron aemerger está menos clara, aunque sí hubo importantes erupciones volcánicas en la zona en la primera mitad del siglo XVI sobre las que se conservan cartas en las que se habla de un importante retroceso del mar. Con esto, quedaba demostrado que el nivel del mar no se mantenía estable con el paso del tiempo y que la corteza terrestre está afectada por fuerzas que pueden tener distintos efectos.

Texto B: Mary Anning (1799-1847), primero junto a su padre y su hermano, pero luego también en solitario, recorría los acantilados de Lyme Regis buscando fósiles que poder extraer, colecionar y vender (Emling, 2009). Entre otros, fue la primera persona en encontrar restos fósiles de plesiosaurio y es conocida por haber encontrado restos de pterosaurio y de ictiosaurio en muy buen estado (Turner et al., 2010). A pesar de que todos estos fósiles fueron ampliamente estudiados, en pocas ocasiones aparecía su nombre asociado a ellos, ni siquiera para reconocerle el hallazgo, llegando a decir ella misma que se sentía

utilizada. Cuando murió, a pesar de que era muy querida entre los científicos, en su propio pueblo tan solo lamentaron la pérdida de una persona que atraía a muchos visitantes distinguidos a la zona (Davis, 2012). Cuando se habla de mujeres geólogas suele salir siempre a la luz su nombre, por el gran esfuerzo y perseverancia que mostró durante todos esos años que se dedicó a recuperar fósiles de esos acantilados.

El texto C: Marguerite Thomas Williams (1895-1991) se convirtió en 1942 en la primera mujer afroamericana en obtener el título de doctora en Geología (Vincent, 2020). La segregación racial le afectó ya en su adolescencia, cuando se vio obligada a acudir a una escuela solo para niñas de color. Allí recibían una educación destinada casi exclusivamente a convertirlas en futuras maestras. Aun así, al ser una alumna sobresaliente, pudo asistir a la universidad gracias a una beca. Tras pasar unos años como docente en el centro en el que había sido antes alumna, retomó el interés por los estudios y se volcó en la geología, finalizando un máster en la universidad de Columbia en 1930 (Warren, 1999). En su tesis doctoral analizó unas inundaciones que habían tenido lugar en la cuenca del río Anacostia, afluente del Potomac. Entre 1921 y 1942 el nivel del agua llegó a subir más de cinco metros y hubo que lamentar víctimas mortales y muchos desplazamientos forzados. Dedujo que habían sido las actividades humanas, principalmente la deforestación, la urbanización y la roturación de nuevos campos de cultivo, junto con la erosión causada por los procesos naturales, los factores que habían contribuido a estas catástrofes (Williams, 1942). Esto supuso un nuevo enfoque en el estudio del impacto y relevancia del ser humano como agente formador o modificador de paisajes, así como un gran avance en geomorfología.

Texto D: Bunjiro Koto (1856-1935) fue un geólogo japonés que, tras estudiar en la universidad de Tokio, pasó a formar parte de la plantilla de profesores. El 28 de octubre de 1891 tuvo lugar un gran terremoto en las provincias de Mino y de Owari, convirtiéndose en uno de los más relevantes que habían tenido lugar tierra adentro de las islas. Le sucedieron más de tres mil réplicas en los siguientes catorce meses (Mikumo y Ando, 1976). Además de tener que lamentar grandes pérdidas materiales y humanas, otro de los efectos visibles de este terremoto fueron las fallas en la superficie, algunas con un desplazamiento horizontal del terreno de casi ocho metros y vertical de entre dos y tres metros (Mikumo y Ando, 1976). Bunjiro Koto se dedicó a estudiar las fallas que habían aparecido e hizo una fotografía de la falla de Neodani, que se llegaría a hacer famosa. Esta falla tiene una extensión de 400 metros y un

desplazamiento vertical de casi seis metros. En contra de las teorías que había en aquel momento, que decían que los terremotos de este tipo eran producidos por explosiones o movimientos subterráneos de magma, dedujo que estos deslizamientos habían sido la causa y no la consecuencia del terremoto (Koto, 1893).

Actividad 2: biografías.

Maria Graham (1785-1842): es autora de una de las primeras descripciones de un terremoto escrita por una mujer. Pasó gran parte de su vida viajando, primero con sus padres, luego con su marido y, por último, cuando este falleció, sola. Dejaba todo escrito en sus diarios, que luego se publicaron en su país natal. En 1821 embarcó hacia Sudamérica; su marido cayó enfermo durante el viaje y murió. Ella, en lugar de volver a Reino Unido, como le sugirieron, decidió continuar y llegar hasta Chile; alquiló una pequeña casa y pasó allí un año (Lago, 2000). Fue testigo del terremoto del 19 de noviembre de 1822 que se pudo sentir en gran parte del país. Publicó sus diarios de Chile contando su experiencia y le envió una carta a uno de los fundadores de la Sociedad Geológica de Londres, quien consideró que su crónica debía ser presentada ante los socios y publicada en la revista. Fue el primer artículo escrito por una mujer en aparecer en las *Transacciones de la Sociedad Geológica de Londres*, en 1824, y tuvo un gran impacto (Thompson, 2021). Se centró en detallar cómo había afectado al terreno, quedando expuesto parte del lecho marino debido a la elevación de la costa. Diez años después sus observaciones fueron criticadas, alegando que el testimonio de una mujer, aterrada por el evento, no era fiable y podía haber exagerado la situación (Thompson, 2021). Esta fue una de las excusas que George Bellas Greenough usó para atacar a Charles Lyell y sus principios de geología, quien también defendía los cambios en el terreno y que había incluido en su obra parte del testimonio de Maria (Kölbl-Ebert, 1999). En su defensa, Maria publicó un segundo artículo donde añadía más información y respondía a las acusaciones (Thompson, 2021). Lyell buscó nuevos testigos de eventos similares con mejor reputación, es decir, hombres, para apoyar su teoría (Kölbl-Ebert, 1999). Desde que Maria fue testigo del terremoto hasta que se aceptaron sus obser-

vaciones como válidas, tras ser contrastadas y verificadas con las realizadas por otras personas, pasaron casi quince años.

Marie Tharp (1920-2006): su trabajo sirvió para fundamentar una de las teorías más importantes de la geología, la tectónica de placas. Aunque su primera intención fue dedicarse a la docencia, después de finalizar sus estudios de inglés y música, completó un máster en geología. Durante la Segunda Guerra Mundial las mujeres vieron como sus oportunidades para estudiar y trabajar aumentaron, ya que los hombres se tuvieron que ir a luchar. Muchas fueron las geólogas contratadas para buscar depósitos de petróleo y así es como Marie empezó a trabajar en este campo (Barton, 2002). Aun así, precisamente por ser mujer, no tenía permitido hacer labores de exploración en el campo, solo podía analizar los datos que le traían y elaborar mapas desde la oficina. En 1948 cambió de trabajo. En el hoy en día conocido como Observatorio Terrestre Lamont-Doherty, se dedicó primero a localizar aviones hundidos en el mar durante la guerra y, después, a cartografiar el fondo oceánico. De nuevo lo tuvo que hacer desde una oficina, interpretando los datos que llegaban desde los barcos, porque las mujeres no tenían permitido subir a bordo de las expediciones oceanográficas (Romano y Chiocci, 2020). Se trataba de un trabajo no muy agradecido que requería tratar con grandes cantidades de datos de las expediciones para obtener muy poca información a cambio. Era, además, poco prestigioso, lo que hacía que los hombres rechazasen estas tareas (Oreskes, 2000). Tras un meticuloso trabajo, pudo hacer un mapa completo del fondo oceánico del Atlántico Norte, donde se veía claramente que existía una gran cadena montañosa bajo el agua: la dorsal oceánica. Muchos dudaron de sus interpretaciones, incluso sus propios compañeros y colaboradores; tuvo que pasar un año hasta que se confirmó que tenía razón (Barton, 2002). Después, junto a Bruce Heezen, elaboró otros mapas que, unidos a otras hipótesis y pruebas que se estaban recopilando de forma casi simultánea, apoyaban la teoría de la tectónica de placas. Así se pudo demostrar que en todo el fondo oceánico del planeta se pueden encontrar las dorsales oceánicas, los límites entre las placas, y que ahí se está creando continuamente corteza nueva.