

La explotación de la pizarra como contexto de aprendizaje para ayudar al alumnado de bachillerato a entender las relaciones entre minería y sociedad

Slate exploitation as an upper secondary school learning to help students understand the relationship between mining and society

LUIS JOSÉ MÍGUEZ-RODRÍGUEZ¹ Y CONCEPCIÓN GONZÁLEZ RODRÍGUEZ²

¹ IES A Sardiñeira. Avda. Sardiñeira s/n. A Coruña, 15007. Email: luismiguez@edu.xunta.es

² EPAPU "Eduardo Pondal". C/Educación n.º3. A Coruña, 15011. E-mail: concepción.gonzalez@edu.xunta.es

Resumen En la actualidad, el conocimiento relativo a la actividad minera y sus consecuencias es imprescindible para que el alumnado de bachillerato pueda posicionarse sobre temas trascendentales en la sociedad como es la controversia ciudadana entre minería sí o minería no. Aunque esta actividad es imprescindible, existe un debate sobre la dificultad que supone exigir a las empresas un mayor respeto medioambiental y el cumplimiento de las normas y a los poderes públicos firmeza para hacerlas cumplir. Se presenta esta propuesta didáctica en la que, a partir de la visita a una explotación de pizarra ubicada en Carballeda de Valdeorras (Ourense), el alumnado puede conocer "in situ" su influencia. Se analizan varios aspectos sobre lo que representa la minería para esa zona, valorando su impacto social, económico y medioambiental. Dicha propuesta se estructura en cuatro fases y está enfocada para el alumnado de bachillerato.

Palabras clave: Bachillerato, impacto ambiental, minería, propuestas didácticas.

Abstract Nowadays, knowledge of mining and its environmental consequences is essential to allow high school students to understand and to adopt a position in very important social discussions. One of these topics could be being in favour or against mining. In this case, although there is a general agreement about the necessity of this industry, the debate is focused on two main points. On one hand, the difficulty of requiring the big mining companies to comply with all the regulations and to reduce their environmental impact. And on the other, the difficulty of demanding a strong action from the public powers to ensure compliance. The main objective of this work is to improve the teaching of the topic described above. This didactic proposal centers on a visit to a slate exploitation facility located in Carballeda de Valdeorras (Ourense). Based on this visit, and in order to carry out an in situ analysis of its influence, its importance within the area is studied in a systematic way, including its social, economic and environmental impact. This proposal is structured in four different phases, and it is aimed at upper secondary school students.

Keywords: Didactic framework, environmental impact, upper secondary school, mining.

INTRODUCCIÓN

El currículo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) y el Bachillerato incluyen, directa o indirectamente, la estrecha relación que existe entre el ser humano y las materias primas. Los minerales y rocas son elementos fundamentales del progreso tecnológico, ya que es difícil encontrar algún utensilio en nuestro entorno inmediato que no haya precisado para su elaboración de algún material extraído de la corteza terrestre (Jiménez-Millán et al., 2008; Pérez, 2009).

Sin embargo, es difícil encontrar materiales didácticos que aborden esta interdependencia ya que,

en unos casos, se describen pormenorizadamente los problemas inherentes a la minería, su impacto sobre el agua, la atmósfera, el suelo y los seres vivos y, en otros, se enfatiza en la necesidad de nuevos materiales, de nuevos recursos, que hagan posible el desarrollo tecnológico. Resulta difícil encontrar una propuesta que no sólo sea puramente descriptiva, que integre la explotación de un recurso y el coste social y medioambiental (Silva y Vasconcelos, 2004; Santó y Curto, 2008; Pascual, 2008).

Por otra parte, no hay que olvidar que las expectativas de nuevas explotaciones generan vivas polémicas a pesar del beneficio económico que generan.

En general, el rechazo es grande cuando los perjuicios derivados de la explotación están muy próximos o nos afectan de inmediato, aunque no sucede lo mismo cuando esto se produce en un lugar alejado.

En el caso de Galicia, en estos últimos años se han solicitado permisos para explotaciones a cielo abierto y subterráneas de minería metálica y de canteras. En algunos casos ha sido para nuevas explotaciones y, en otros, para reanudar o ampliar otras ya existentes. Unas veces, estas explotaciones tienen previstas grandes inversiones y nuevos empleos y, en otras, mantener los existentes. Se trata de una circunstancia recurrente en cualquier lugar con recursos mineros explotables, donde el problema que se suscita es la seguridad de los ciudadanos y la conservación del Medio Ambiente. Ante esta situación, consideramos importante que el alumnado de Bachillerato, adquiera un conocimiento sobre la minería y su contexto, que les permita:

a) Ser capaces de utilizar su conocimiento en contextos diferentes a aquél en el que los adquirieron.

b) Poder participar de forma activa y argumentada en un debate sobre conservación y progreso, analizando las ventajas y los inconvenientes de las diferentes opciones.

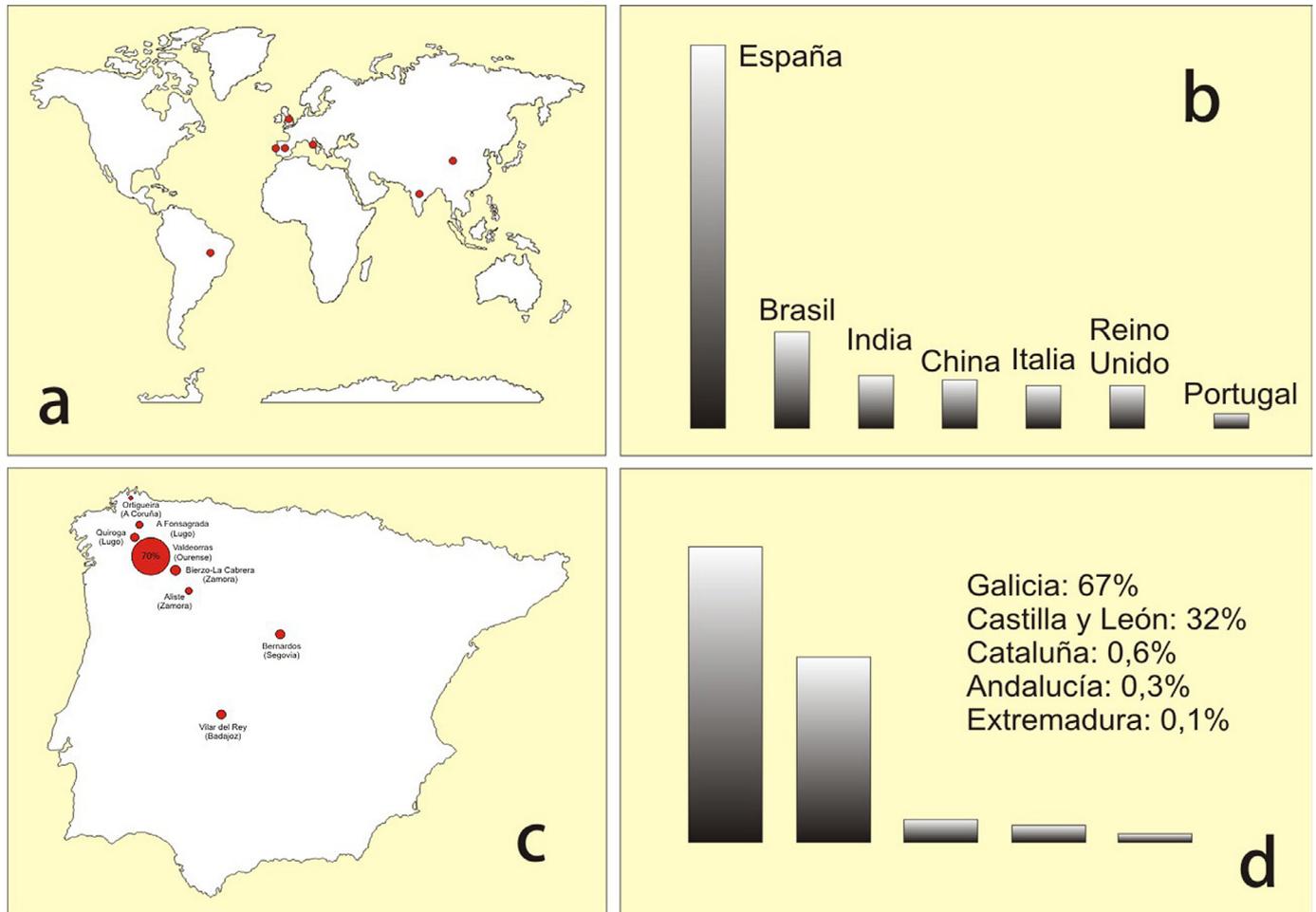
c) Ser conscientes de la dificultad de tomar decisiones sobre la conservación del Medio Ambiente.

Para ello se organizó una actividad de campo que permitiera la inmersión del alumnado en el contexto del problema y que, como otros autores, consideramos fundamental para la enseñanza de las

Ciencias (Rebello et al., 2000; Monteiro y Agudado, 2002, 2004), ya que “cuanto más estrecha es la relación entre las actividades realizadas dentro y fuera del aula, más se avanza en la comprensión de los temas trabajados” (Del Carmen, 2010). Esto permite que el alumnado supere los conflictos personales y grupales para ir conformando unos comportamientos acordes con las competencias actitudinales deseadas (Zabala y Arnau, 2007).

El objetivo de esta actividad es conseguir que el alumnado no sólo valore el impacto ambiental, que resulta obvio en este tipo de explotaciones de gran magnitud a cielo abierto, y que ha sido desarrollado por otros autores (García Aguilar, 2000). Pretendemos que afronte el problema de la minería desde una visión holística, teniendo en cuenta, además, la perspectiva económica y social, y que analice la repercusión que tiene la actividad en la zona, valorando cómo cambiaría la vida en el caso de que las canteras desaparecieran. Es decir, se trata de trasladar al alumnado a una situación real, fuera del marco teórico del aula, donde el ciudadano de la zona disfruta de un “estatus” al que no siempre está dispuesto a renunciar. En definitiva, se trata de que comprueben que no resulta fácil decidir sobre el problema, teniendo siempre en cuenta que el Medio Ambiente es patrimonio de todos. Dicha experiencia se ha llevado a cabo en el IES “A Sardiñeira”, de A Coruña, con los alumnos de Biología / Geología de primer curso de bachillerato, y de Ciencias de la Tierra y Ambientales de 2º de Bachillerato.

Fig. 1. (a) Países productores de pizarra a nivel mundial. (b) Producción mundial por países. (c) Situación de localidades de producción en España. (d) Producción española por Comunidades. Fuente: Xunta de Galicia. Consellería de Economía e Industria, Enerxía e Minas.



JUSTIFICACIÓN DEL CONTEXTO DE LA PROPUESTA

La pizarra es una roca metamórfica que se forma a partir de arcillas, en zonas de metamorfismo regional de baja presión y temperatura. Se puede separar en láminas finas lo que unido a su impermeabilidad la hace especialmente útil para techar, para recubrimientos y para suelos y muros.

La producción mundial (Fig. 1a), se reparte, de mayor a menor, entre España, Brasil, India, China, Italia, Reino Unido y Portugal (Fig. 1b). En España las canteras más importantes se encuentran en la comarca de Valdeorras (Ourense) y, en menor medida, en La Cabrera (León) y O Courel (Lugo) (Fig. 1c).

Históricamente la pizarra (“louxa”) ha sido utilizada en Galicia desde la época celta, para la construcción de sus casas y recintos amurallados. Los romanos continuaron con su uso en todo tipo de construcciones entre las que destaca el puente romano de Éntoma o la muralla de Lugo (Patrimonio de la Humanidad). Posteriormente se convirtió en elemento constructivo durante el reinado de Felipe II, que importó a España el gusto por los tejados centroeuropeos de pizarra. Las primeras explotaciones se situaron en Bernardos (Segovia), que fue destinada a construcciones palaciegas y para el Monasterio del Escorial. Después su utilización se extendió por toda España.

En la década de 1960 la caída de la producción de las canteras centroeuropeas impulsó la producción de las españolas y, en particular las de Galicia. Éstas siempre habían estado en explotación, aunque fuese de forma doméstica, pero desde entonces el crecimiento ha sido imparable, sólo reducido por la crisis de la construcción.

Aspectos medioambientales

La explotación de la pizarra en Galicia es de las actividades mineras a cielo abierto más espectaculares e impactantes. En el área de Valdeorras (Fig. 2), donde se ha llevado a cabo la actividad, la superficie de explotación, las pistas de desplazamiento de maquinaria y desmontes y las escombreras, ocupan más de 3.000 Ha (Fig. 3).

Se necesita dismantelar una gran superficie de terreno para dejar al descubierto la zona útil de extracción. Se estima que para conseguir una tonelada de pizarra hay que remover 40 toneladas de materiales estériles. Este bajo rendimiento genera cada año un total de 18 millones de toneladas de escombros de pizarra, que son depositados directamente sobre el terreno, sin selección ni tratamiento alguno.

Otro de los grandes inconvenientes de este tipo de minería, muy visible, es el transporte. Desde los lugares donde se cortan los enormes bloques hasta donde se procesan para conseguir las pequeñas piezas que se utilizarán para techar o solar, se requiere un constante movimiento de enormes camiones capaces de transportar hasta 400 toneladas de pizarra en un solo viaje. Esto hace necesaria una gran red viaria, que contribuye a incrementar el impacto de la explotación (aumento de la superficie ocupada, polvo, ruido, vibraciones, gases de combustión, intercepción de escorrentías).

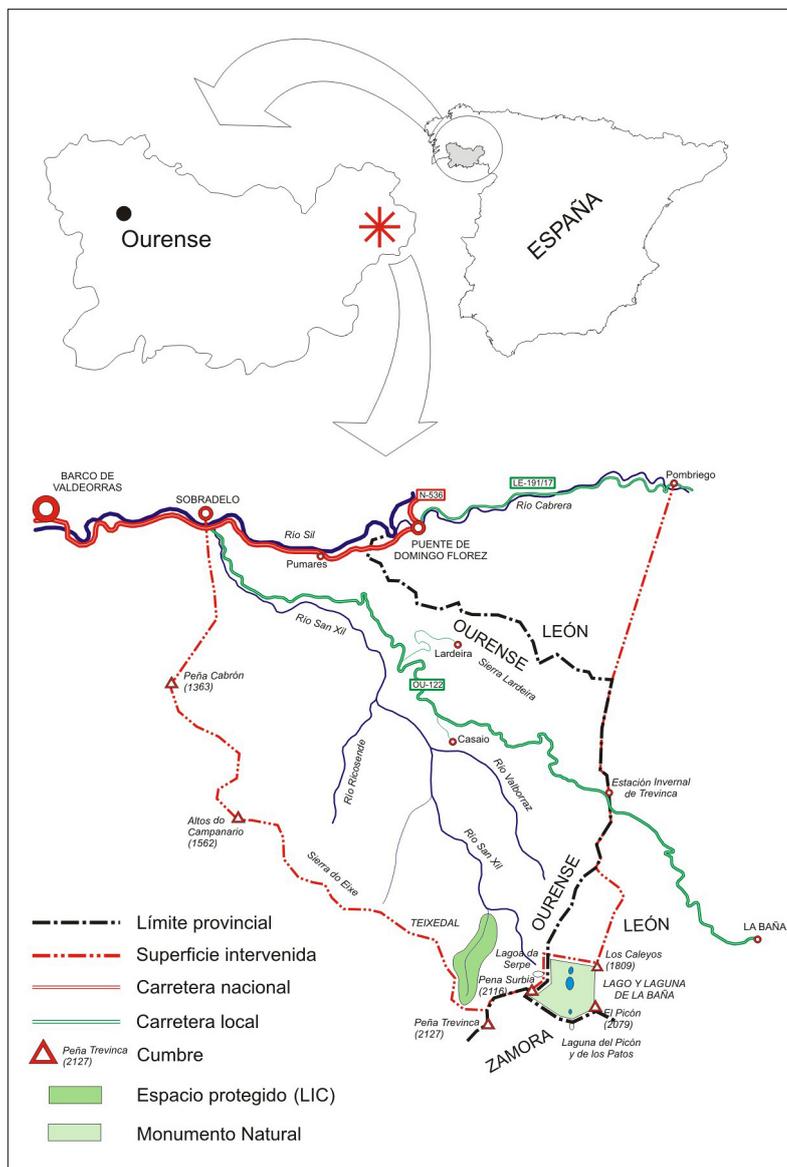


Fig. 2. Ubicación de la comarca de Valdeorras en la provincia de Ourense, y área donde se desarrolla la minería de la pizarra.

Fig. 3. Vista parcial de la superficie ocupada por la explotación.



Fig. 4. Vista de una ladera aterrazada con bancos de explotación y pozo de drenaje.



Además, no sólo transportan la pizarra hasta la nave de transformación, sino que también lo hacen desde la zona de corta hasta las escombreras, donde depositan los estériles. Las dimensiones de las escombreras producen una espectacular transformación del paisaje.

Por otra parte, este sistema de explotación consume una enorme cantidad de agua en el corte de roca. El resultado es mucha agua y barro (Fig. 4) que es necesario decantar y tratar antes de volver a reutilizarla o devolverla al río. Por ello, el impacto de la explotación también incide en la red fluvial, modificando y destruyendo cauces por acumulación de escombros y contaminándolos con los arrastres de material, sobre todo con precipitados de hierro y sulfuros, que provoca el aumento de los niveles de acidez del agua, que se puede observar en el río San Xil (Fig. 5).

Finalmente, también produce un impacto sobre la salud de las personas en todos los ámbitos del

proceso (en la corta, en el transporte y en la nave), y en los habitantes de la zona, que genera para el trabajador un medio saturado de partículas sólidas, que terminan produciendo enfermedades ligadas al aparato respiratorio.

Aspectos económicos y sociales

España es la primera productora mundial de pizarra con más de 840.000 toneladas/año (Brasil es la segunda con 200.000 toneladas/año), de las cuales Valdeorras (Galicia) aporta más de medio millón de toneladas/año, lo que representa algo menos del 70% de la producción nacional (Fig. 1d).

Por otra parte, en esta comarca se encuentra la empresa más importante del sector de la minería de pizarra, Cupa Group, que en 2015 facturó un total de 402 millones de euros, con un crecimiento de un 40% sobre el ejercicio del año anterior. La mayor parte de la producción se destina a la exportación (Francia, Reino Unido, Alemania), y apenas el 20% lo hace en el mercado nacional. Así mismo, se exporta la tecnología asociada para su manipulado, y la mano de obra especializada.

La actividad de la pizarra da trabajo en la comarca de Valdeorras desde hace 50 años. En concreto, ocupa a 2.500 personas de forma directa (antes de la crisis eran 1000 más), de las que casi el 100% son contratos indefinidos, y a más de 12.000 de forma indirecta. Es difícil encontrar en Galicia un sector económico que ocupe a tantos trabajadores de forma indefinida.

Desde el punto de vista social, se trata de una comarca con servicios de todo tipo, transportes, comercio, sanidad hospitalaria y todos los niveles de educación no universitaria. Con los datos del 2012 del Instituto Galego de Estatística, el Ayuntamiento de Carballeda de Valdeorras es el segundo con mayor PIB per cápita de Galicia.

Fig. 5. Aspecto del agua del río San Xil en su cabecera, después de lavar las primeras escombreras.



Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, resulta evidente que esta explotación minera genera un contexto económico y social en el que resulta difícil tomar medidas que mejoren la situación medioambiental.

Soluciones ambientales para la zona

Por todo lo expuesto resulta muy difícil afrontar la solución del problema ambiental que, aunque es importante, proporciona tantos beneficios. Nadie se atreve a plantear el cierre de las canteras debido al enorme coste social, aunque se reclaman alternativas para solucionar los problemas medioambientales. Entre las propuestas se indican las siguientes:

- No autorizar la extracción en zonas sensibles, donde el impacto es mayor. Esto supone que en algunas ocasiones las empresas amenacen con cerrar argumentando que en las nuevas concesiones los gastos de explotación no compensan los beneficios.

- Que no se autoricen nuevas explotaciones o ampliaciones de las ya existentes, si la empresa no deposita por anticipado un aval para hacer frente a los costes de restauración.

- También comienza a valorarse muy positivamente la alternativa que ofrece la explotación subterránea que, con no ser la solución definitiva, se muestra como la mejor posible en la actualidad.

- La sustitución de mano de obra en determinadas tareas por maquinaria muy específica, que reduciría el personal en áreas especialmente nocivas o peligrosas. Son máquinas cada vez más eficientes, como la presentada recientemente, para exfoliar, que solo necesita dos trabajadores y produce 20.000 piezas diarias, el triple de lo que realiza un trabajador.

Finalmente debemos señalar que se ha demostrado la imposibilidad de afrontar la restauración de una explotación de una extensión tan grande. Así, algunas tesis doctorales que han encarado esta cuestión sostienen que: *“recuperar los espacios dañados, hoy por hoy es inviable. La falta de criterios racionales en el diseño y planificación de las minas, unido a la inexistencia de planificación ambiental es lo que ha provocado que heredemos una compleja situación, no sólo ambiental y minera, sino también social y económica”* (Gutiérrez del Rey, 2011).

El mismo autor añade que los daños causados hasta ahora al medio natural gallego son irreversibles y no permiten la restauración ambiental de las zonas arrasadas por las canteras. Por ello las soluciones son pocas, y las que hay se centran en el control, y en las nuevas tecnologías. Como práctica general, se propone la minería de reposición, que consiste en que los escombros que se van generando sean utilizados para rellenar los espacios vacíos lo que evitaría el traslado de los estériles, la generación de escombreras y, en definitiva, la ocupación de superficies mayores.

Por todo lo descrito anteriormente, la elección del campo de trabajo queda plenamente justificada, al tratarse de una actividad local en la que pueden reconocerse todo tipo de impactos y una implicación social y económica, que hace difícil encontrar soluciones fáciles a corto y a medio plazo. En definitiva, es el escenario que buscamos para el desarrollo del trabajo de campo de nuestros estudiantes.

INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS

El trabajo de campo consiste en la visita a una explotación de pizarra, en concreto a la explotación a cielo abierto más grande del mundo gestionada por el Cluster de la Pizarra en la comarca de Valdeorras (Ourense) (Fig. 2). Durante la visita, conocen “in situ”, la realidad cotidiana de estas explotaciones, y reciben impacto visual de una zona con más de 120 km² afectada por canteras, pistas y escombreras, en medio de polvo y ruido. Esta explotación cuenta también con un gran número de instalaciones auxiliares, que facilita la evaluación del deterioro medioambiental.

Para llevar a cabo las diferentes fases de la propuesta fue necesario elaborar y utilizar una serie de instrumentos metodológicos:

a) Elaborar una encuesta sobre el tema, que nos permita saber los conocimientos e ideas previas que tienen los alumnos sobre él. Las cuestiones planteadas, que debían responder de forma individual, fueron:

¿Has visitado alguna explotación minera?

¿Crees que la minería produce impacto ambiental y socioeconómico?

¿Es necesaria la minería?

b) Llevar a cabo búsquedas en internet, y consultas de obra escrita, documentos audiovisuales. Entre otras consultas se propusieron: las páginas web del Instituto Galego de Estadística (I.G.E.), para conocer la evolución y la tendencia demográfica de la zona y las páginas de la Cámara de Comercio, y del Cluster de la Pizarra, para conocer la situación económica de la zona.

c) Utilizar herramientas de análisis de imágenes aéreas (Sixpac, Google Earth®), para poder conocer la extensión del área visitada y la pudieran comparar con otras de considerable extensión en España: RíoTinto y Pontes de García Rodríguez.

d) Elaborar una tabla basada en la propuesta de García Aguilar (2000), que incluye 29 aspectos (Tabla I) que van a observar los alumnos en la visita, y en las áreas de estudio, el impacto ambiental en la atmósfera, hidrosfera, litosfera, biosfera, y el impacto social y económico en la zona. En dicha tabla, van a tener que valorar positiva o negativamente la influencia de cada uno de los aspectos considerados y que, ponderarán su efecto de 1 a 5.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En estas actividades en el medio natural es recomendable utilizar una metodología activa, en la que el alumnado sea protagonista de su progreso educativo y que el profesorado actúe como guía y potenciador de ese aprendizaje (Míguez y De Paz, 2004, 2006). Además, este tipo de metodología facilita espacios para trabajar no sólo contenidos conceptuales sino también la reflexión de aquellos contenidos curriculares ligados a procedimientos y actitudes, como la responsabilidad, la capacidad crítica, la cooperación, libertad...etc., es decir, los componentes metadisciplinares de las competencias y que deben formar parte de todas las disciplinas (Zabala y Arnau, 2007).

Participaron en la experiencia 30 alumnos/as matriculados en ambas materias de 1º y 2º curso de bachillerato. Todos ellos, habían cursado la materia de Biología y Geología en 4º de E.S.O., por lo que disponían de conocimientos previos sobre este tema, que consideramos suficientes para abordar esta actividad. La propuesta se llevó a cabo en cuatro fases.

Primera fase

Se lleva a cabo en el aula, donde los alumnos tienen que responder a la encuesta diseñada para conocer las ideas previas sobre el tema, y que figura en los instrumentos metodológicos (apartado a). Los resultados de la misma revelan entre otras cuestiones que, fuera del contexto escolar, la mayoría del alumnado participante (86,4%) no ha visitado ninguna explotación minera. También tenían mucha dificultad para relacionar las repercusiones socioeconómicas y las medioambientales. Además, sólo el 9% considera que esta actividad es imprescindible.

Con esta información, comenzamos a diseñar la segunda fase de la actividad en la que consideramos imprescindible que el alumnado tome contacto directo con “el objeto de estudio”. Para ello era necesario, realizar una visita a una explotación minera, observando su entorno, las intervenciones en él realizadas y sus consecuencias. Seleccionamos una explotación cercana y cuya visita se pudiese realizar en condiciones de seguridad. También fue importante que la actividad de la explotación fuese lo más relevante en el entorno y en el resto del país. La explotación minera de Valdeorras cumple todos estos requisitos.



Fig. 6. Un grupo de alumnos/as atendiendo a las explicaciones del ingeniero de minas que les acompañó durante la visita.

Segunda fase

Se realizó la visita a la explotación gestionada por el Cluster de la Pizarra de la comarca de Valdeorras (Ourense) para situar a los estudiantes en un contexto espectacular y extremo, lo que permitió explorar hasta qué punto eran capaces de sensibilizarse ante esa realidad. Se pretendía que fuesen capaces de realizar una evaluación a su nivel, más allá de lo puramente superficial, de lo tecnológico, económico o social (ver apartado anterior).

Para afrontar esta fase no se les proporcionó información adicional, con el objetivo de que realizaran la visita partiendo exclusivamente de sus conocimientos previos. Se les indicó que su trabajo posterior se desarrollaría en cuatro áreas diferentes sobre las que deberían poner especial atención durante la visita: aspectos geológicos, tecnológicos, económico-sociales y de impacto medioambiental. Para llevar a cabo la organización de la visita, de una jornada completa, contamos con la colaboración del Centro de Tecnificación de la Pizarra, que se encargó de poner en marcha toda la infraestructura necesaria.

La primera sesión, por la mañana, consistió en una visita guiada a la cantera y a las demás instalaciones (Fig. 6), durante la cual se les fue proporcionando la información que iban demandando sobre la extracción de la pizarra y su tratamiento, a través de sus pasos. A continuación, se describen brevemente las diferentes etapas que pudieron conocer. Para la extracción se desmonta toda la cubierta y se selecciona la veta. A continuación, se van realizando los desmontes practicando rebanadas verticales en la ladera de la montaña hasta conseguir llegar a la veta. Una vez logrado el objetivo, se genera un frente de trabajo que va progresando encajonado en tres paredes subverticales (dos laterales y la del frente), que avanza rápidamente, a veces con alturas que no son de una buena práctica minera. Posteriormente se procede a cortarla con hilo diamantado, obteniéndose grandes bloques irregulares (rachones), de varias toneladas de peso, que son trasladados con grandes camiones y *dumpers* a la nave de transformación donde son reducidos a bloques más pequeños.

También observaron la erosión que se produce en el terreno, dónde van los escombros y el polvo que se genera y qué efectos causan sobre el agua que circula en la zona. Pudieron hablar con los trabajadores preguntándoles por sus salarios y por su vida en Barco de Valdeorras (núcleo de población en el que residen la mayoría de los trabajadores de la zona). Los estudiantes fueron, en todo momento, los encargados de gestionar la información, que les permitiría posteriormente afrontar una situación que solo es perceptible estando físicamente en el lugar.

Finalmente visitaron la nave (Fig. 7) donde comprobaron cómo, mediante el exfoliado, los grandes bloques de pizarra son reducidos a pequeños trozos de treinta centímetros de grosor y, de nuevo serrados, utilizando sierras de disco, hasta obtener bloques más pequeños, de forma paralelepípeda (los tochos).



Fig. 7. Interior de la nave donde se transforman los grandes bloques en pizarra comercial.

A continuación, observaron el labrado, que es la exfoliación final, mediante la cual estos pequeños bloques son convertidos en finas láminas de tamaño comercial, trabajo que se realiza a mano, con cincel y martillo. Es decir, cada losa de pizarra se obtiene una a una. Finalmente, y después de pasar un control de calidad, son transportados al almacén en camiones para ser posteriormente distribuidos a todo el mundo.

La segunda sesión, por la tarde, consistió en la visita al laboratorio de tecnificación e investigación de la pizarra, calidad de materiales y, finalmente, a los talleres del módulo de FP, de técnicos de colocación de pizarra, donde se interesaron por las investigaciones que se llevan a cabo.

También conocieron los usos que se le da a la pizarra en la actualidad, su empleo sobre todo como material de construcción debido a sus especiales características (grano fino y homogéneo, impermeabilidad), y por su facilidad para laminarse pueden obtenerse piezas de muy diferentes formatos.

Conocieron cómo se coloca en los tejados como cubierta (Fig. 8), en mampostería para la construcción de muros, en solados y pavimentados, como revestimiento de paredes exteriores con excelentes resultados en las fachadas, ya que evita la humedad y crea una cámara de aire que facilita la ventilación evitando las humedades, y el acúmulo de agua. También, conocieron su uso en interiores, en alicatados de baños y cocinas y, en general, en aquellos lugares en los que se opte por el uso de una piedra ornamental, como encimeras de cocinas, baños. En la actualidad también se utiliza en hostelería, en forma de vajilla, sustituyendo a fuentes y platos, o como base de ellos.

También les informaron sobre el impacto del comercio exterior, que es el más importante, sobre los rigurosos controles de calidad y sobre la investigación constante que se lleva a cabo (Fig. 9). Como curiosidad, descubrieron que los países compradores solicitan las láminas de pizarra más gruesas cuanto más al norte de Europa se encuentran.



Fig. 8. Explicación sobre los usos de la pizarra para cubiertas, en el Centro de Tecnificación.

Tercera fase

Esta etapa se llevó a cabo en dos sesiones de clase en el laboratorio de Geología y en el aula de informática. Se les explicó que debían elaborar un pequeño dossier sobre las áreas de trabajo propuestas en la visita (aspectos geológicos, tecnológicos, económicos, sociales y de impacto medioambiental) y que, para ello, tenían que organizarse en grupos de trabajo de tres o cuatro participantes. Tenían que repartirse las áreas de trabajo y, finalmente, debían realizar una presentación sobre la minería de la pizarra, con los datos que ellos considerasen más relevantes, aportando sus opiniones al respecto.

Para ello se les proporcionó un documento básico elaborado por el profesorado sobre la minería de la pizarra y que ellos debían complementar utilizando los instrumentos metodológicos que figuran en los apartados b y c.

En esta fase fue necesaria la intervención del profesorado que coordinó el trabajo de los grupos y la selección de la información. También fue necesario eliminar nuevas propuestas de áreas de intervención que surgieron a medida que avanzaba la investigación, para evitar que la actividad adquiriese una dimensión no deseable.

Cuarta fase

En esta última sesión, se van a recoger los resultados del aprendizaje. Para ello se solicitó a cada

Fig. 9. Trabajo de investigación y control en el laboratorio.



alumno que respondiese a los aspectos que figuran en la Tabla I de los instrumentos metodológicos (apartado d) y así conocer la valoración personal que cada uno de ellos tiene ahora sobre la influencia de la explotación en la zona.

A continuación, cada uno de ellos analizó sus propios resultados, y se les pidió que reflexionasen sobre ellos y si realmente esperaban esa valoración. En este punto se incluyó un juego de simulación social (Morcillo et al., 2015), donde los alumnos tienen que representar el papel de las distintas partes involucradas en la siguiente situación:

“Tus vecinos te han elegido por unanimidad presidente de la comarca y ahora eres el que manda. Debes tomar una decisión respecto a las can-

teras. Tus vecinos no quieren seguir sufriendo las alteraciones que producen, pero tampoco quieren quedarse sin trabajo. Tienes que ser cuidadoso, ya que de tu decisión depende mucha gente y mucho dinero. Tienes cuatro opciones, elige una. Si no te gustan las propuestas puedes añadir una que se te ocurra”:

1) Esta situación es insostenible. Las explotaciones se están “comiendo” a los pueblos, a las carreteras, a los ríos. La cantidad de polvo, ruido y barro es inaguantable. Hay que exigirle que cumplan las normas y si no que cierren, y luego ya veremos.

2) Tenemos que aceptar la realidad de esta situación. La pizarra que se produce, y la cantidad de dinero que se mueve es enorme. Hay que recordar-

ASPECTO QUE EVALÚAS	INFLUENCIA POSITIVA (+) NEGATIVA (-)	MAGNITUD (DE 1 A 5)
Calidad del aire en la comarca		
Clima local		
Erosión del terreno		
Agua de escorrentía (ríos, arroyos, etc.)		
Aguas subterráneas, fuentes y manantiales		
Agricultura (viticultura) y ganadería, apicultura, etc.		
Cobertura vegetal (árboles y arbustos)		
Fauna terrestre y Fauna acuática		
Alteración del paisaje natural y cultural		
Recursos turísticos (naturales y culturales...)		
Recursos turísticos (Caza y pesca)		
Tratamiento de residuos		
Salud ambiental		
Contaminación del suelo		
Restauración del espacio utilizado		
Que el gobierno invierta en investigación para obtener soluciones		
Que las empresas inviertan parte de sus beneficios en investigación		
Paro prolongado, la necesidad de emigrar, etc.		
Nivel de vida		
Comunicaciones (carreteras asfaltadas a todos los pueblos)		
Atención sanitaria (hospitales, farmacias, etc.)		
Centros educativos (escuelas, colegios)		
Espacios de ocio y culturales (Instalaciones deportivas, cines...)		
Sobre el comercio (tiendas, centros comerciales, talleres...)		
Posibilidades de trabajo		
Servicios municipales. Financiación de actividades. Ayuda social...		
Producto Interior Bruto (PIB)		
Perdurabilidad del recurso natural (pizarra)		
Conflictividad laboral		
TOTAL MAGNITUD POSITIVOS (TMP)		
TOTAL MAGNITUD NEGATIVOS (TMN)		
EVALUACIÓN FINAL POSITIVOS (TMP / Nº Influencias positivas)		
EVALUACIÓN FINAL NEGATIVOS (TMN / Nº Influencias negativas)		

Tabla I. Aspectos analizados por los alumnos/as, relativos a la influencia de la explotación de pizarra en la zona.

les que deben cumplir las normas, pero teniendo en cuenta que habrá que ser flexibles con las normas para que no amenacen con cerrar las canteras.

3) Debemos presionar para que, poco a poco, las empresas vayan acostumbrándose a cumplir las normas para evitar esta situación, aunque eso suponga que algunas cierren y dejen obreros en el paro.

4) Con la actual tecnología es imposible mejorar la situación. El gobierno debe financiar proyectos de investigación que conduzcan a obtener soluciones, y obligar a las empresas a que inviertan en estos proyectos parte de sus beneficios, ofreciéndole a cambio una prórroga en la aplicación de determinadas normas, hasta que las investigaciones comiencen a ofrecer mejores soluciones

Se inició un intenso debate entre los grupos que moderó el profesor centrándolo en dos cuestiones:

¿Es fácil tomar decisiones sobre el control de la actividad, teniendo en cuenta la repercusión social que tienen?

¿Realmente puede armonizarse la permanencia de esta explotación con los criterios más elementales de conservación?

En dicho debate se puso en evidencia la dificultad de decidir si el coste del impacto justificaba la permanencia de la cantera, y que no es tan fácil decidir en la vida real como cuando se afronta la cuestión desde un punto de vista exclusivamente teórico. Mayoritariamente todos consideraron prioritario el mantener y preservar el medio ambiente y la importancia de que el gobierno y las empresas privadas inviertan en investigación, para obtener soluciones.

CONSIDERACIONES DIDÁCTICAS

La actividad propuesta, que incluye la visita a una explotación de pizarra ubicada en Carballeda de Valdeorras (Ourense), ha permitido obtener resultados muy positivos y puede ser extrapolable en otros contextos con explotaciones mineras diferentes en realidades socio-económicas distintas.

A medida que avanzaba nuestra actividad fuimos comprobando un cambio significativo de criterios frente a las cuestiones planteadas. De opiniones excesivamente simples: “*es necesaria pero que impacte lo menos posible*”, o poco reflexivas: “*que se puede prescindir de la minería*” que manifestaban mayoritariamente en la primera fase, se fue pasando a respuestas más maduras en los debates (fase cuarta), a medida que fueron descubriendo un contexto que desconocían. Así es interesante descubrir que, después de la visita a la explotación (fase 2) y del análisis de la información (fase 3), para el alumnado adquiere mucha importancia la investigación en la búsqueda de soluciones, y que tanto las administraciones como las empresas deben invertir parte de sus beneficios en I+D+I.

También se observa una evolución de su conocimiento sobre el medio ambiente, el impacto social y económico de la minería, y su control ambiental, que inicialmente eran considerados como aspectos aislados. Se produjo un cambio en el que fueron capa-

ces de reconocer la interacción de todos ellos. Esto les llevó a manifestar de forma rotunda en el debate final (cuarta fase) que tomar decisiones respecto al control de la actividad minera era más complicado de lo que parecía en principio.

En cuanto a la cuestión tan polémica relativa a las posibilidades de armonización entre la actividad y el medio, su escepticismo mayoritario muestra, sin embargo, que la sensibilidad sobre el medio ambiente está arraigada y resiste frente a los argumentos tecnológicos, económicos y sociales.

Finalmente, los alumnos que habían realizado la experiencia fueron requeridos para responder a una encuesta, planteada para saber en qué medida habían realizado un aprendizaje significativo y, de esta manera, conocer cuál era su grado de satisfacción. Entre las cuestiones propuestas había dos para determinar si eran capaces de utilizar de forma correcta los contenidos trabajados en la propuesta, y las demás estaban referidas al grado de satisfacción, organización del trabajo, trabajo en equipo y también sobre el manejo de las TIC. El análisis de los resultados de dicha encuesta muestra que las máximas puntuaciones recayeron sobre el grado de satisfacción, y sorprendió comprobar que la mayoría de los alumnos, que inicialmente no tenían más que un conocimiento superficial y exclusivamente teórico sobre la minería, declararon que ahora conocen razonablemente la tecnología que se emplea y, sobre todo, el alcance social que tiene este recurso.

También movilizaron de forma bastante ágil los contenidos que se solicitaban en las cuestiones planteadas. Estos resultados, aunque debemos de tomarlos con cautela, muestran que la propuesta ha conseguido motivar a un alumnado muy diverso en unos temas complejos, y les ha permitido alcanzar un nivel de conocimiento del tema inesperadamente alto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración prestada por el Centro Tecnológico de la Pizarra a través de su personal y sus instalaciones, así como a la empresa Samaca, que en todo momento nos atendió con todos los medios disponibles, y sin más limitación que nuestra propia curiosidad.

BIBLIOGRAFÍA

Del Carmen, L. (2010). Salir para conocer, salir para participar. *Alambique*, 66, 56-59.

García Aguilar, J.A. (2000). Las matrices de evaluación de Impacto Ambiental: Una nueva propuesta didáctica para las Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8.2, 287-294.

Gutiérrez del Rey, F. (2011). *La explotación de la pizarra en Galicia y sus impactos ambientales*. Universidade da Coruña. A Coruña.

Jiménez-Millán, J., Alfaro, P., Muñoz, C., Cañaveras, J.C., Alfaro, N.C., González-Herrero, M., López-Martín, J.A. y Andreu, J.M. (2008). Actividades didácticas con minerales y rocas industriales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16.3, 295-308.

Míguez Rodríguez, L.J. y De Paz Villasenín, C. (2004). La circulación en las rías gallegas de masas de agua de distinta naturaleza. Una propuesta de trabajo práctico en el currículo de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. *Actas del XXI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*: 464-481. San Sebastián, Universidad del País Vasco.

Míguez Rodríguez, L.J. y De Paz Villasenín, C. (2006). La percepción del cambio climático por los alumnos de 2º de bachillerato. *Actas del XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 1-8). Zaragoza, Universidad de Zaragoza.

Monteiro, R. y Aguaded, S. (2002). Concepciones declaradas de los profesores formadores de futuros profesores sobre el trabajo de campo en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales. *XX Encuentros sobre didáctica de Ciencias Experimentales*. (pp.183-190). La Laguna: Universidad de la Laguna.

Monteiro, R. y Aguaded, S. (2004). Concepciones prácticas y respeto al trabajo de campo en Ciencias: el caso de un profesor novel. En: *XXI Encuentros sobre didáctica de Ciencias Experimentales* (Eds.: I. Díaz, J.M. Etxabe, D. Fernández, G. Maguregui, M. Morentín, y A. Uskola). Universidad del País Vasco, 873 p.

Morcillo, J.G., Martín Sánchez, M., Martín Sánchez, T. y Reyero, C. (2015). Cristales, minerales y minería. *Alambique*, 81, 50-58.

Pascual Trillo, J. A. (2008). Recursos geológicos, Sostenibilidad y Medio Ambiente. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16.3, 200-209.

Pérez Sánchez, J.A. (2009). La era del silicio. *Alambique*, 59, 37-54.

Rebelo, D.; Marques, L. y Praia, J. (2000). Trabalho de campo e educação em geologia: contributos para uma avaliação de resultados de uma prática lectiva inovadora. En: *Reflexiones sobre la Didáctica de las Ciencias Experimentales* (Eds.: M. Martín Sánchez y J.G. Morcillo). Universidad Complutense, 656 p.

Santó, R. y Curto, C. (2008). Los minerales son inocentes, las personas no. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16.3, 287-294.

Silva, D. y Vasconcelos, C. (2004). La resolución de problemas en la enseñanza de la Geología: Una investigación en el ámbito del Impacto Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12.3, 266-280.

Zabala, A. y Arnau, L. (2007). *11 ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias*. Barcelona: Graó. ■

Este artículo fue recibido el día 2 de diciembre de 2016 y aceptado definitivamente para su publicación el 22 de abril de 2017.