

ESTUDIO DE RÉPLICA SOBRE EVOLUCIÓN DE LAS IDEAS PREVIAS DE LOS ESTUDIANTES: EL RELIEVE Y SU GEODINÁMICA

*REPLY STUDY AND EVOLUTION OF PREVIOUS IDEAS ON RELIEF AND
GEODYNAMICS*

Baena Noguerras, Rosa M.¹ y Gutiérrez Pérez, José²

ABSTRACT

This article conducts a study of reply and evolution of previous ideas and misconceptions in the field of geology of a group of students in 4 ° ESO, parallel with developing a teaching unit on the relief and geodynamic. We take as a reference for comparison a control group and the results of the Granda Vera study (1988) obtained in a context of greater presence of geological content in curricular design.

RESUMEN

En el presente artículo se lleva a cabo un estudio de réplica y evolución de las ideas previas y errores conceptuales en el campo de la geología con un grupo de alumnos de 4º ESO paralelo al desarrollo de una unidad didáctica sobre el relieve y su geodinámica. Tomamos como referencia de comparación un grupo de control y los resultados del estudio de Granda Vera (1988) obtenidos en un contexto de mayor presencia de contenidos geológicos en los diseños curriculares.

Palabras Clave

Educación Secundaria, Geología, error conceptual, ideas previas, aprendizaje significativo.

Keywords

Secondary School, Geology, misconception, previous ideas, significant learning.

¹ Estudiantes de Prácticas, Instituto Zaidín-Vergeles (Granada)

² Dpto. Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación, Facultad de Educación, Universidad de Granada. Campus de Cartuja s/n 18071-Granada

INTRODUCCIÓN

Existen pocas investigaciones didácticas sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje en Geología en los centros educativos. El aprendizaje en Geología en los niveles no universitarios encierra un conjunto de dificultades relacionadas con las concepciones o ideas de los alumnos referentes a la materia como puede ser el concepto de tiempo geológico (*Sequeiros et al., 1996*). El conocimiento de estas concepciones permite conocer las causas para así realizar de manera fundamentada una propuesta de enseñanza que favorezca el aprendizaje. Del análisis bibliográfico de la publicación sobre ciencias experimentales realizada por *Granda Vera, A (1988)* se desprende que los alumnos tienen que superar en el aprendizaje de la Geología una serie de obstáculos epistemológicos de cara a la etapa de bachillerato originados por diferentes causas, entre las que se encuentran:

- La presencia de errores conceptuales o preconceptuales científicos
- La confusión entre procesos y métodos, entre fenómenos y aplicaciones.
- La influencia de un cierto “sentido común” y la aplicación de conceptos de la vida cotidiana.
- La deficiente base conceptual físico-química.
- La tendencia a olvidar los fenómenos y procesos internos, que no se ven y que necesitan esquemas conceptuales más abstractos y complejos para entenderlos.
- La dimensión de los conceptos de espacio y tiempo en Geología.
- Una concepción básicamente estática del mundo y la naturaleza.

Hemos podido constatar que, con frecuencia, existe una discrepancia entre el grado de desarrollo evolutivo de los alumnos de ciencias y el nivel de exigencia cognitiva de muchas de las tareas que se proponen en los programas escolares (*Shayer y Adey 1984*). En cualquier caso, las implicaciones para la Didáctica de las Ciencias en este sentido son claras: el desarrollo evolutivo impone un límite a lo que los alumnos pueden aprender. Así, existen ideas y esquemas previos en nuestros alumnos que constituyen barreras para conseguir un aprendizaje significativo, las cuales se ven aumentadas por las dificultades para entender el tiempo geológico, la dimensión de los cambios, el detallismo de muchos fenómenos geológicos etc. Muchas de estas ideas y esquemas previos, se encuentran sustentados en el sentido común, además, es necesario combatir concepciones excesivamente simples infundadas por los medios de comunicación.

La investigación sobre el uso de las ideas previas en el proceso de enseñanza-aprendizaje en geología aplicada a un grupo de técnicos en minería en Brasil de edades comprendidas entre 14 y 18 años, de *Lúcia Castanheira de Moraes y Hildor José Seer (2005)*, muestra la evolución que se produjo en el razonamiento de la causalidad así como la agudeza de la intuición de los alumnos durante el desarrollo del curso. No obstante, una vez realizado el mismo, continuaban implícitas una serie de ideas previas, lo cual se explica por el peso del saber cotidiano en el pensamiento humano, tratándose de conceptos muy arraigados y, por tanto, difíciles de cambiar. También puede ser debido a que el tema se suele dar en la generalidad y no centrándose en los detalles muchas veces, por lo que quedarían en el aire diversas ideas particulares de los alumnos, que difícilmente podríamos detectar. Puede que, en el caso de nuestros alumnos también se de algún pensamiento de este tipo. De cualquier forma, se hace necesario tener presente siempre la vinculación entre distintos saberes y disciplinas que les ayuden a

razonar y a comprender el mundo de una forma más global y no compartimentada, es decir, de una manera interdisciplinaria, permitiendo la conexión entre conocimientos ya adquiridos y otros nuevos, es decir, el llamado aprendizaje significativo.

Es muy interesante conocer los diferentes errores conceptuales e ideas previas en los alumnos para poder detectar los posibles desencadenantes de los mismos y ayudar a los estudiantes a construir aprendizajes más sólidos y bien fundamentados desprovistos de errores. Este tema se aborda en un trabajo realizado de *Ideas sobre la Tierra (Libarkin et al., 2005)*, en el que, a través de entrevistas se observan una serie de hallazgos por los que los alumnos, especialmente en la primera etapa de la secundaria, incorporan la terminología científica en una explicación, sin que ello implique necesariamente su comprensión. Debido a la incapacidad de explicar satisfactoriamente estos términos científicos, se concluye que el uso de la redacción a modo de ensayo científico puede resultar más perjudicial que beneficiosa en estos niveles y que se hace patente la necesidad de comprender dicha terminología antes de utilizarla formalmente. Además, se plantea la influencia no sólo de los medios de comunicación y de posibles errores de concepto o experiencias mostradas en los libros de texto, sino también de la religión ligada al saber popular, en ideas específicas que muchos alumnos presentan en relación con la historia evolutiva de la Tierra. Tal y como decía *Julio Verne*, autor de fascinantes relatos fantásticos, como "*Viaje al Centro de la Tierra*" (1864), que predijeron la aparición de algunos de los productos generados por el avance tecnológico y para los que se implicó en ciencias como la Geología, Mineralogía y Paleontología: "La ciencia se compone de errores, que a su vez, son los pasos hacia la verdad."

Un aspecto a tener en cuenta que se pone de manifiesto en esta investigación, es que los esfuerzos de la reforma curricular deben de ir encaminados no sólo a reconocer la influencia de la perspectiva mental de los alumnos, sino especialmente al momento en el que se debe de abordar el cambio conceptual que se requiere para poder seguir avanzando en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

No obstante, las ideas previas pueden resultar un obstáculo que impide avanzar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, pero, abordándolas de la manera correcta, también pueden constituir un importante elemento motivador que ayude a nuestros alumnos a desbloquear la mente y asimilar nuevas concepciones (*Sequeiros, 1994*).

BREVE EVOLUCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE GEOLOGÍA EN EL CURRÍCULO DE SECUNDARIA

La 1ª Conferencia Internacional sobre Educación y Formación en Geociencias surgió de la frustración de la Sección de Enseñanza del penúltimo Congreso Geológico Internacional, celebrado en Washington en 1988. El escaso número de comunicaciones allí presentadas reveló un desinterés tan preocupante de la profesión geológica por su faceta educativa que se decidió convocar una conferencia internacional específica sobre el tema. La Universidad de Southampton fue la sede, en Abril de 1993, de este primer experimento (*Francisco Anguita y José Lillo, 1993*).

La huída de los estudios considerados *difíciles* (encabezados por las Matemáticas) no es un fenómeno de ahora, aunque se haya agudizado. La escasísima recompensa social por cursarlos (hermanos mayores con títulos universitarios y condenados al paro) es un

factor adicional. Y no estaría de más que reflexionásemos sobre nuestra capacidad de ilusionar e incluso apasionar a nuestros alumnos.

Si revisamos la historia reciente de la enseñanza preuniversitaria de la Geología en este país, hay un hecho que destaca: mientras que la Geología retrocede en la Secundaria, el único avance lo han protagonizado las Ciencias de la Tierra, con la inclusión en el plan de estudios de la materia de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Esta asignatura ha provocado muchas discusiones y no pocos rechazos, entre otros de quienes la han acusado de ser la causante del eclipse de la Geología. Otros la tildan de ser poco geológica, pero también se ha escuchado la acusación contraria, y probablemente ambas situaciones sean ciertas, en función de según qué profesor (*Francisco Anguita, 2004*).

Muy en relación con esto, se encuentra la tendencia del uso del laboratorio para aplicaciones prácticas de la ciencia de Geología, como enseñanza experimental, lo cual se ha visto influido por la distinta normativa que se ha ido sucediendo en lo que a Educación se refiere.

Así, el artículo 15 de la *Ley General de Educación (L.G.E.) de 1970* contemplaba unas “Orientaciones Pedagógicas” que especificaban que las Ciencias Naturales eran experimentales, no existiendo otro modo de adquirir estos conocimientos (*Serrano, T. 1990*). Pronto los Movimientos de Renovación Pedagógica hicieron llegar la recomendación de que se utilizaran los laboratorios en todas las clases de Ciencias, al mismo tiempo que escaseaban las investigaciones didácticas y los recursos se reducían al “texto único”.

En los años 70-80 proliferaron las guías de actividades prácticas inspiradas en otras extranjeras o sugeridas y experimentadas por grupos de profesores. Se inició incluso un interesante proyecto impulsado por el Ministerio de Educación (PEAC, Proyecto Experimental en el Área de Ciencias) en el año 81, que pretendía ofertar al profesorado un exhaustivo material de actividades en un enfoque de Ciencia Integrada (*Lillo, 1985*).

En 1990, la *Ley de Ordenación General del Sistema Educativo* ofrece unos Diseños Curriculares Base (D.C.B.) que en Ciencias seleccionan unos contenidos en torno a ideas clave y señalan su elección por un enfoque constructivista en la epistemología y en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Las actividades prácticas parecen relacionarse en un principio con los objetivos procedimentales y dejan de tener la importancia que se le daba anteriormente. No se especifica directamente (como en las Orientaciones Pedagógicas del 70) el papel que pueden desempeñar los laboratorios. La valoración que se hace de esta evolución varía según los autores (*Jesús Melero, 1997*).

Hodson (1993) llega a calificar la enseñanza experimental como rutinaria, mecanicista y de escasa incidencia en el proceso de aprendizaje y propone una ampliación del concepto de “trabajo práctico” a actividades no sólo de “banco de laboratorio”, sino que incluye actividades interactivas, modelos, entrevistas, investigaciones de biblioteca, carteles...

En España, aunque la situación es distinta porque las pautas de “descubrimiento guiado” no llegaron a imponerse al tradicional modelo transmisivo, llega el eco de esa crítica sugiriendo cambios en el tratamiento de los trabajos prácticos para hacerlos más coherentes con la visión constructivista del aprendizaje (*G^a Barros, Martínez y Mondelo, 1995*) o rechazando la reducción de la complejidad de la actividad científica al seguimiento de “recetas” simplistas (*Gil y Valdés, 1996*).

El Real Decreto de 29 de diciembre de 2000 por el que se establecían las nuevas enseñanzas mínimas para la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en todo el estado español, introducía profundos cambios en el curriculum de esta etapa educativa. Se trataba de modificaciones que afectan no sólo a los contenidos que se tratan, sino a cuándo y cómo se trabajan en la materia de Ciencias de la Tierra.

Entre los cambios que introducía y que no explicaba, hay algunos tan graves como la supresión de los contenidos relacionados con los procedimientos científicos y las actitudes, o la distribución casi aleatoria de los contenidos de la materia de Ciencias de la Tierra a lo largo de toda la etapa ignorando a veces, no ya las aportaciones realizadas por los investigadores, sino los criterios más elementales que toda propuesta curricular debe considerar. Lo peor es que no se trata de una propuesta sino de un Real Decreto de obligado cumplimiento para todo el estado (*Emilio Pedrinaci, 2001*).

En el *XII Simposio sobre Enseñanza de la Geología* celebrado en la Universidad de Girona entre el 8 y el 13 de julio de 2002, se analizó el Anteproyecto de *Ley Orgánica de Calidad de la Educación*, así como dicho Real Decreto 3473/2000 de 29 de Diciembre por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria.

Algunas de las conclusiones a las que se llegaron fueron por ejemplo que debía de proporcionarse a la Biología y Geología en el 2º ciclo de la ESO la atención que se merece, así como aumentar el número de horas dedicadas a la asignatura de Biología y Geología de 3º. Además, la Biología y Geología de 4º debía ser obligatoria tanto en el Itinerario Científico como en el Humanístico.

Hoy en día la materia de Geología se encuentra en una situación cuanto menos delicada, como consecuencia de su evolución en el currículo de Secundaria a lo largo de los años, pasando de ser una materia como tal y obligatoria, a incluir su docencia junto con la Biología. Además, como se ha comentado anteriormente, hubo un momento en que dejó de ser obligatoria la Biología y Geología de 4º ESO para aquellos alumnos que escogieran itinerarios distintos al de ciencias. Y, a pesar de que actualmente se encuentra incluida en la materia de Biología y Geología y se cursa para 4º ESO en todos los itinerarios, según la experiencia que me han podido transmitir algunos profesores actuales de dicha materia, ha sido perjudicial para la Geología, ya que los contenidos correspondientes a la misma se suelen programar para el último trimestre y muchas veces ni siquiera se llegan a impartir. Esto ha desembocado en un desinterés general por esta ciencia que ha llevado a una disminución notable del número de estudiantes que se deciden a matricularse en la carrera universitaria de Geología, por lo que los propios Geólogos llevan a cabo actualmente campañas informativas y de motivación para que los alumnos puedan conocerla y decidirse por estudiarla en un futuro.

El *objetivo* del trabajo que se presenta a continuación pasa por analizar una serie de ideas en el campo de la Didáctica de la Geología, en un grupo de alumnos de 4º de la ESO (16 años), previo a la realización de una unidad didáctica de Geología, con el objeto de comparar los resultados obtenidos con investigaciones anteriores en caso de que haya existido una cierta evolución en dichas concepciones ya estudiadas. Además, también se analizará la evolución en dichas ideas previas en los alumnos de nuestro

grupo de estudio tras impartir la unidad didáctica correspondiente y se prestará especial atención a los nuevos errores conceptuales que se puedan detectar con el objeto de abrir nuevas líneas de investigación en el futuro y el especial interés que pueden tener algunos resultados de este trabajo a la luz de los contenidos experimentados en el currículum de Educación Secundaria en los contenidos de Geología.

METODOLOGÍA

El presente estudio se lleva a cabo con un grupo de 42 estudiantes de 4º ESO del Instituto Zaidín Vergeles, situado en un barrio de la ciudad de Granada con un nivel cultural y económico medio.

De acuerdo con el temario de la asignatura de Biología y Geología, la unidad didáctica desarrollada ha sido El Relieve y su Geodinámica. En ésta se han tratado no sólo aspectos de geodinámica externa sino también interna, aunque se ha centrado en mayor medida en los agentes y procesos geológicos externos.

Hemos comenzado la unidad con una captación de ideas previas, que nos ha marcado el punto de partida en base a los conocimientos sobre el tema que expresados por nuestros alumnos. Los alumnos explicitan sus propias ideas, haciéndose conscientes de ellas y, a través de esta actividad, intercambian ideas creándose conflictos y posibilitando la construcción de conocimiento gracias a la exposición de ideas por parte del profesor que someterá a debate y experimentación algunas de las ideas previas identificadas. De esta forma, los alumnos construyen significados en la medida que las nuevas ideas les ofrecen soluciones más sólidas y argumentaciones más consistentes a sus preguntas.

Para abordar este tema, los alumnos han de conocer conceptos tales como tiempo geológico, plataforma continental, metamorfismo, agentes geológicos externos e internos, procesos geológicos externos, erosión, transporte, sedimentación etc.

Para comprobar hasta dónde llegan realmente los conocimientos de los alumnos respecto a este tema hemos realizado una *prueba de captación de ideas previas*. Esta exploración se ha llevado a cabo mediante una “lluvia de ideas” inicial en la que se le pedía a los alumnos, tras hacer el profesor una definición sencilla del tema a introducir, que nombraran distintos agentes y procesos geológicos tanto internos como externos, que fuimos anotando en la pizarra.

Además, con objeto de recoger una información susceptible de analizar, pasamos un *cuestionario* con una serie de preguntas sobre geología antes de sumergirnos en el desarrollo del tema. La confección de estas preguntas está hecha en base a los estudios mencionados anteriormente, lo cual nos ayudará establecer diferencias/semelanzas, así como razonar nuevas tendencias que se presenten en la actualidad en cuanto a las ideas previas de los alumnos. Se presenta la problemática de que la bibliografía encontrada mayoritariamente se centra en aspectos de geodinámica interna y nuestra unidad didáctica desarrolla en gran medida aspectos de geodinámica externa, pero intentaremos adaptar en la mayor medida posible el desarrollo de dicha unidad didáctica al estudio que se plantea para poder realizar un análisis de los datos finales lo más completo posible. No obstante, ambos campos de la geología se encuentran íntimamente ligados y ciertas preguntas cortas planteadas en el cuestionario requieren de conocimientos de geodinámica externa que se tratarán posteriormente a la captación de ideas previas, por lo que, al concluir la unidad didáctica, volveremos a pasar el mismo cuestionario para detectar posibles cambios de ideas previas así como analizar la evolución de los errores conceptuales detectados anteriormente.

Una parte de las cuestiones de desarrollo breve o *preguntas cortas* planteadas las hemos dividido en las siguientes categorías a la hora de analizarlas estadísticamente:

- Respuesta satisfactoria (3)
- Respuesta incompleta o problemática (2)
- Respuesta insatisfactoria (1)
- No sabe/No contesta

El criterio para adjudicar una categoría u otra a las diferentes respuestas de los alumnos ha sido que reflejen una mínima idea previa que se acerque a la realidad; por ejemplo, en el caso de la pregunta sobre si el río Ebro ha existido siempre, cualquier respuesta que aluda a que la tierra se encuentra en constante cambio, será una respuesta satisfactoria y a partir de aquí se podrán establecer el resto de grados que den lugar a las demás categorías.

El resto de preguntas, para facilitar la cumplimentación, serán *tipo abierto*, es decir, las preguntas siempre se dejarán *abiertas* de forma explícita en dicho cuestionario, para que en caso de que algún alumno desee aportar alguna idea que no figure en el documento, también se recoja. Además, esto ha permitido reflejar una posible variabilidad en nuestra investigación con respecto a los estudios que hemos tomado como referencia, ya que existen multitud de factores distintos entre ambos.

Por lo que junto con las anteriores preguntas cortas, éstas nos han servido para analizar en qué medida se siguen teniendo las mismas ideas previas o errores de concepto vistos en investigaciones anteriores, así como en nuestros alumnos de estudio tras impartir la materia correspondiente.

Los criterios de calidad del instrumento de evaluación empleado se ajustan a unos patrones aceptables de calidad técnica: fiabilidad del instrumento, con un valor alfa de Cronbach 0.60 y la validez de contenido del instrumento mediante adecuación a los conceptos propuestos en los textos escolares; y al tener una componente de estudio de réplica se ajusta al criterio de autoridad del contenido admitido por la comunidad de práctica científica.

Los Objetivos, Contenidos, Metodología y los Criterios de Evaluación de la Unidad Didáctica a desarrollar se han establecido basándonos en tres niveles:

- 1- Documentos oficiales que establece el currículo:
 - *La Ley Orgánica de Educación 2/2006– Real Decreto 1631/2006* (de 29 de diciembre por el que se establecen las enseñanzas mínimas para la educación secundaria obligatoria).
 - *Decreto 231/2007 para la Comunidad Autónoma de Andalucía y la Orden de 10 de agosto de 2007*, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía.
- 2- *Proyecto Educativo* de Centro, en el que se contextualizan y priorizan los Objetivos, Contenidos, Criterios de Evaluación y Metodología, adaptándolos al perfil de nuestro alumnado y al entorno sociocultural del Centro.
- 3- *Programación de Aula*, en la que se establecen los Objetivos, Contenidos y

Criterios de Evaluación, en un conjunto de Unidades Didácticas a desarrollar a lo largo de todo el curso académico y para las Ciencias de la Naturaleza de 1º de E.S.O.

En concreto esta unidad didáctica cumple la misión de situar a España en la Tierra a lo largo de las distintas eras geológicas y el estudio del relieve resultante de los distintos procesos geológicos, centrándonos en los externos. No obstante, su estudio se nos puede hacer difícil debido al grado de madurez de los alumnos a los que va dirigido, a pesar de ser un tema muy atractivo y del que los alumnos tienen algunas ideas, de una parte porque ya se acercaron a él en primaria y de otra porque los medios de comunicación también le han aportado algunas ideas sobre el mismo.

Los *objetivos* marcados previamente en la unidad didáctica programada son los siguientes:

1. Conocer las dimensiones del tiempo geológico y el carácter dinámico de los continentes a lo largo de la historia.
2. Conocer los conceptos de relieve y paisaje relacionándolos con su carácter cambiante.
3. Observar la acción de los agentes geológicos externos sobre los materiales superficiales para interpretar el modelado del paisaje.
4. Describir las etapas de los procesos geológicos externos y su relación con las formas del relieve.
5. Estudiar las principales formas de relieve terrestre.
6. Entender los diferentes relieves en función del proceso que los originó.
7. Analizar los diversos factores que condicionan el modelado del paisaje.

En estrecha relación con los objetivos, se han secuenciado una serie de *contenidos*, que si bien no se clasifican en base a esas denominaciones, se encuentran enfocados al desarrollo tanto de conceptos como de procedimientos y actitudes:

- Concepto de tiempo geológico (Objetivos 1)
- Estructuras geológicas y orogenias más importantes. Interpretación de fotografías, esquemas y mapas que muestren las distintas distribuciones de los continentes a lo largo de las diferentes eras geológicas. (Objetivos 1)
- Relieve y paisaje. Apreciar la variedad de paisajes españoles. (Objetivo 2)
- Procesos geológicos externos. Meteorización, erosión, transporte y sedimentación. (Objetivos 3 y 4)
- Cuencas sedimentarias. (Objetivos 3 y 4)
- Principales relieves terrestres. (Objetivo 5)
- Interpretación de fotografías, esquemas y mapas que muestren diversos tipos de modelado (Objetivos 4,5 y 6)
- Factores que condicionan el modelado. Relación de los diversos factores, agentes y procesos implicados en el modelado de un relieve. (Objetivos 7)
- Valorar positivamente aquellas actividades humanas que minimizan los efectos de la contaminación y degradación del medio (Objetivo 7).
- Adoptar un posicionamiento crítico ante todas las actuaciones que producen impactos sobre el paisaje (Objetivo 2).

Además, con esta unidad se cubren aspectos de *educación en valores*, en concreto una educación ambiental, ya que el conocimiento de los factores que condicionan el relieve y los procesos que ocurren, nos permitirán realizar una correcta interpretación del paisaje. Las actividades humanas pueden cambiar, por ejemplo, la dinámica de los ríos con la construcción de pantanos, frenar la erosión producida por aguas salvajes con taludes, o la generada por el oleaje con malecones. Por otra parte, muchas catástrofes se podrían haber evitado con un conocimiento profundo de algunos procesos geológicos, como los relacionados, por ejemplo, con la construcción de viviendas y obras públicas en zonas de riesgo de inundaciones o avalanchas. Todos estos aspectos representan dimensiones de actualidad con las que el estudiante tienen cierta familiaridad, especialmente por las recientes catástrofes mundiales. A través de todos estos objetivos y contenidos se busca trabajar una serie de *competencias básicas* atendiendo a su carácter interdisciplinar, ya que integran aprendizajes procedentes de diversas disciplinas. A continuación hablaremos de aquellas que se aplican de una manera más destacada en la unidad didáctica que se trata, mediante actividades específicas:

Conocimiento e interacción con el mundo físico:

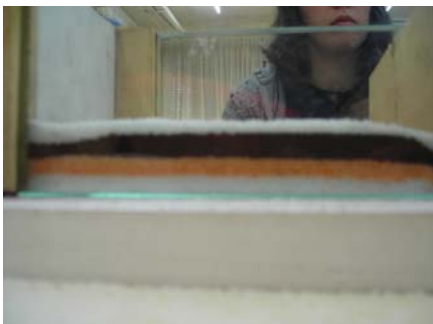
En la actividad de conclusión propuesta se explican una serie de curiosidades relacionadas con el relieve, muchas de ellas con el modelado fluvial, en concreto de los ríos y agua dulce y se explica lo que es un climograma.

De esta manera, se introduce un tema importante para la formación del relieve como es el de los sistemas morfoclimáticos, que relaciona directamente el modelado del relieve con el clima de la zona donde se encuentra.

También, a través de la práctica realizada sobre modelos analógicos³, que simula dos tipos de contextos: compresivo y extensivo, en los que se produce la formación del relieve, se ha potenciado esta competencia básica de interacción con el mundo físico. A continuación se muestran unas fotografías de los distintos modelos realizados en su fase de preparación y una vez formados:

Contexto Compresivo

Fase de preparación



Relieve formado: pliegues y cabalgamientos



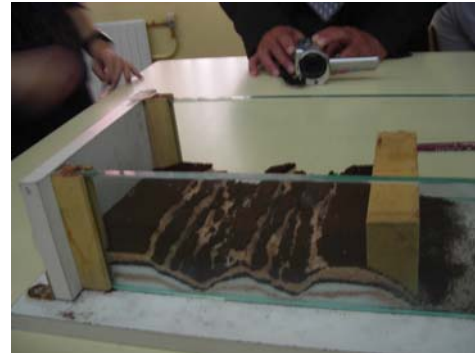
³ Es menester agradecer al Departamento de Geodinámica de la Universidad de Granada, al Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra del CSIC y, en especial a la profesora Ana Crespo Blanc, su colaboración al facilitarnos los minilaboratorios empleados en la realización de la práctica, así como toda la información necesaria para la misma.

Contexto Extensivo

Fase de preparación



Relieve formado: fallas escalonadas



Comunicación lingüística

Las diversas maneras de formular los enunciados de las actividades desarrollan en los alumnos la capacidad de saber analizar y expresar los contenidos de distintas formas. La interpretación de dibujos y esquemas es imprescindible para comprender los contenidos que se refieren al modelado del relieve y de los procesos geológicos externos en las actividades de desarrollo propuestas a lo largo del tema.

La actividad de motivación realizada en clase sobre la lectura de La Catástrofe de Biescas nos acerca a un tema de actualidad como es el de los riesgos geológicos asociados a la pérdida de vidas humanas.

En las actividades se trabaja en cierta medida la capacidad de diferenciar hipótesis de hechos, ejercicio que puede ser complementario a otras cuestiones sobre el método científico.

Cultural y artística

Los apartados que muestran los diversos tipos de modelados en algunas de las actividades de desarrollo realizadas en clase, permitirán a los alumnos percibir, apreciar y comprender la belleza de los paisajes y la dinámica de los relieves. Los paisajes pueden ser analizados también con criterios estéticos propios, aunque esta unidad se refiera a su origen y posible evolución.

Las *actividades de enseñanza aprendizaje* programadas en la unidad didáctica a desarrollar y de alguna de las cuales ya hemos hecho mención, son las siguientes:

a) Actividades de inicio:

Captación de ideas previas, que nos han marcado el punto de partida en base a los conocimientos sobre el tema que manifiesten nuestros alumnos.

Actividades de Motivación, que tratan de acercar al alumno al tema propuesto de la manera más atractiva posible.

Una vez centrado el tema podemos motivar a los alumnos con la muestra del *equipo de*

trabajo de un geólogo para acercarlos a la metodología de estudio de esta disciplina y que puedan entender mejor la utilidad de esta ciencia.

Además, se ha realizado en clase una lectura relacionada con los riesgos naturales derivados del estudio del relieve, es decir, la geomorfología, en concreto la *lectura* tratará sobre la *catástrofe de Biescas*, muy relacionada con los procesos antrópicos. Una vez leída se comentó en clase, relacionando este tipo de riesgos con la Geomorfología, es decir, con el estudio de la forma del relieve y se verán los conceptos nuevos que aparezcan en la misma.

b) Actividades de Desarrollo:

Con las que se pretende que el alumno consiga adquirir los contenidos planteados en esta unidad, tanto los referidos al desarrollo de conceptos, que se ajustarán al orden establecido en los contenidos, como a los de procedimientos y actitudes, que se han distribuyendo a lo largo del desarrollo de la unidad.

Hemos realizado una serie de *actividades* empleando la *pizarra digital* para fijar conceptos presentados al principio del tema sobre todo en cuanto a la parte de las eras geológicas que resulta más árida y difícil de asimilar. En los debates hemos razonado conjuntamente las respuestas, con el objetivo principal de que entiendan el concepto de tiempo geológico y la dinámica terrestre a lo largo de la historia. También se han realizado actividades de este tipo para tratar los agentes geológicos externos y los tipos de modelados.

c) Actividades de conclusión y síntesis:

Su finalidad es la de integrar y unificar los contenidos tratados, lo que ha permitido hacer un repaso global del tema, así como la aclaración de posibles dudas.

Se ha basado en una sesión de fotografías relativas al tema las cuales incluirán curiosidades y planteamientos atractivos que en sesión de grupo han comentado y relacionando con los distintos puntos del tema.

Hemos realizado siete *sesiones* de clase, además del tiempo que el alumno deberá dedicar en casa para el estudio de conceptos, ejercicios y trabajos prácticos propuestos.

De estas sesiones, la primera se dedicará a las "*actividades de captación de ideas previas*" y la segunda a *actividades de "motivación"*. Se dedicarán 3 *sesiones* para la realización de las *actividades de desarrollo*, otra sesión será la dedicada a una *práctica en laboratorio* y a la "*actividad de conclusión*" y la última sesión a la "*actividad de evaluación*".

También hemos considerado la *atención a la diversidad* para algunos alumnos que presentan un nivel de acceso al contenido menor con respecto al nivel del resto del grupo, programando actividades de refuerzo. Se han trabajado durante el desarrollo del tema y han ido fundamentalmente destinadas a aquellos alumnos que con más dificultades. Estas actividades han servido para consolidar los conceptos estudiados, tales como:

- 1- ¿Qué efectos producen los agentes geológicos sobre el paisaje?
- 2- Explica qué es el paisaje, y por qué no es lo mismo que el relieve.

- 3- Hay relieves continentales que, sin embargo, están situados bajo el nivel del mar. ¿Cuáles son? ¿Por qué se consideran relieves continentales si están sumergidos?
- 4- ¿Qué relación hay entre las fosas oceánicas y los arcos de islas?
- 5- ¿Por qué los arcos de islas forman parte de los relieves oceánicos si sobresalen sobre el nivel del mar?
- 6- ¿Qué son las fosas oceánicas? ¿Sabes de alguna que sea especialmente profunda?
- 7- ¿Qué es una penillanura? ¿Cómo se forma?
- 8- En los mapas topográficos también se representan algunos elementos del paisaje. ¿Qué elementos antrópicos se representan? ¿Cómo se representa el relieve en los mapas topográficos?
- 9- El archipiélago de Hawai y el de Japón son de origen volcánico. ¿Cuál es la diferencia entre ellos?

En cuanto a las actividades de ampliación, se ha planteado la búsqueda de información en la red sobre temas que puedan interesarle a los alumnos como puede ser “Causas de la desertificación/desertización”, “Formaciones sedimentarias de los desiertos: loess” etc.

Por último, la *evaluación* nos ha permitido determinar el grado de adquisición de los objetivos por parte de los alumnos y también valorar nuestra acción didáctica como profesor, así como la adecuación de la Programación y de las Unidades Didácticas.

Para ello, los *criterios de evaluación* considerados serán los siguientes:

- 1- Que el alumno sea capaz de distinguir las distintas orogenias producidas en diferentes eras geológicas y las estructuras geológicas más importantes resultantes de las mismas (Objetivo 1).
- 2- Que el alumno sea capaz de expresar los distintos tipos de relieve y paisaje y relacionarlos con su condición dinámica (Objetivo 2)
- 3- Que el alumno diferencie los conceptos de erosión, meteorización, transporte y sedimentación (Objetivo 3)
- 4- Que el alumno sea capaz de reconocer en los relieves los diferentes efectos de los agentes geológicos externos (Objetivo 4, 5 y 6)
- 5- Que el alumno reconozca y describa las diversas formas del relieve asociándolas con el modelado característico (Objetivo 4, 5 y 6)
- 6- Que el alumno exprese la influencia de los diversos factores que condicionan el modelado del relieve (Objetivo 7)

Las *estrategias de evaluación seguidas han sido:*

- En primer lugar, una *evaluación inicial* que ha permitido determinar los niveles conceptuales de partida del alumnado.
- En segundo lugar, la interacción con el alumno a lo largo de todas las sesiones actividades, y la realización y corrección de actividades en clase, como base de la *evaluación continua*.

- Al finalizar la Unidad Didáctica, se ha realizado una *evaluación final* que nos ha permitido comprobar la adquisición de los contenidos básicos de la misma. Para ello hemos realizaremos una prueba escrita.
 Sobre la evaluación continua se ha llevado a cabo la observación de la progresión en la adquisición de las competencias y conocimientos de los alumnos, según: notas de clase y actividades realizadas, 30%; participación, 20%; prueba escrita- 40%, actitud, 10%.

En una *segunda fase* de la investigación, se volvió a pasar el cuestionario del que se hablaba al principio a nuestros alumnos una vez impartida la unidad didáctica correspondiente para observar cambios en las ideas previas detectadas anteriormente.

Hemos empleado como control otro grupo de 4º ESO distinto del que se ha impartido la unidad didáctica, en el cual aún no se había impartido dicha unidad didáctica, con el que también hemos analizado las ideas previas para contrastar resultados.

Así, es preciso manifestar que, aunque en el cuestionario tipo test abierto siempre existe una respuesta que es la más correcta, nuestra pretensión con el análisis de estos datos no es la mera detección del porcentaje de alumnos que responden correctamente al mismo, sino el objetivo marcado al inicio de este documento, que alude a la detección de ideas previas y errores conceptuales, comparándolo con estudios previos y analizando la evolución tras el desarrollo de la enseñanza de la unidad didáctica. Por este motivo todas las preguntas realizadas a los alumnos y recogidas por escrito son abiertas e incluso, en ocasiones más de una puede ser correcta por interés en establecer diversas ideas previas, aunque a la hora de reflejar los resultados la agrupación de las respuestas se ha llevado según haya interesado más en función de éstos.

RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados del cuestionario rellenado por los alumnos de 4º ESO B tanto al inicio, previo desarrollo de la unidad didáctica, como al final, una vez desarrollada la misma, así como los datos del estudio de *Granda Vera (1988)* y de nuestro grupo control (4º ESO A), separando en dos tablas aquellas preguntas que son tipo test abierto de las que son de desarrollo breve. Antes es preciso comentar que si bien en un principio se temporalizó la unidad didáctica en cuestión para llevarla a cabo íntegramente en 7 sesiones, finalmente el examen de evaluación no hubo tiempo de realizarlo ya que en la práctica de laboratorio se precisaron dos sesiones en lugar de una. Sin embargo, los resultados del cuestionario que se presentan a continuación para la investigación, han servido en cierto modo para evaluar a los alumnos, así como la labor del docente.

CURSO 4º ESO B				
IDEAS PREVIAS (TIPO TEST)	RESPUESTAS (%)			
	PRETEST	POSTEST	ESTUDIO GRANDA, 88	GRUPO CONTROL
<i>1- ¿Qué pruebas aportarías para demostrar que hay un núcleo semifluido e incandescente en el interior de la tierra?</i>				
Los materiales que arrojan los	50	33,3	69	50

volcanes				
El propio origen de la tierra, cuando era una bola incandescente	28,6	66,7	12	43,75
Por la trayectoria de las ondas sísmicas al llegar al núcleo	14,3	0	12	6,25
Por las perforaciones que se realizan	7,1	0	3	0
Otras razones.	0	0	4	0
2- ¿A qué factor/es se debe la existencia del campo magnético terrestre?				
El rozamiento entre capas del interior terrestre	21,4	0	17	0
La composición de Fe y Ni del núcleo y el movimiento respectivo de los polos	71,4	100	15	62,5
La rotación de la tierra	0	0	9	0
No sabe/No contesta	7,1	0	48	37,5
3- ¿A qué altura estaba el nivel del mar en el momento de depositarse lo que actualmente son fósiles, respecto del nivel actual?				
Llegaba hasta las cimas actuales sobrepasándolas	57,1	16,7	37	25
Más o menos como el actual	14,3	83,3	47	25
A menos de mil metros	14,3	0	12	25
No sabe/no contesta.	14,3	0	4	25
4- ¿Qué roca es más fácilmente erosionable en la superficie terrestre, ¿un granito o una caliza?				
La caliza porque:				
sus enlaces químicos son más débiles	0	8,3	15	37,5
es más blanda	0	91,7	30	0
es menos compacta	28,6	0	18	37,5
otras: más porosa, menos densa, más heterogénea,	21,4	0	19	0
El granito porque se forma a condiciones más alejadas de las dominantes en la corteza, que la caliza	28,6	0	9	0
No sabe/no contesta	14,3	0	9	31,25
5- Los volcanes y terremotos, ¿son la causa o el efecto de los movimientos de las placas?				
Son causa y efecto	57,1	0	3	0
Cuando se acercan las placas producen los terremotos; cuando se alejan, los volcanes.	14,3	25	6	12,5
Se originan como consecuencia del movimiento de las placas	21,4	66,7	3	12,5
Los volcanes son causa porque expulsan lava; los terremotos efecto.	0	0	6	

En el choque de placas se provocan los volcanes y sismos.	7,1	8,3	70	56,25
No sabe/no contesta	0	0	12	18,75
6- ¿Qué factores influyen en la velocidad de las ondas sísmicas en su transmisión por el interior de la Tierra?				
La composición de materiales y el estado físico de las capas de la tierra	49,7	25	19	37,5
La densidad	35,7	41,7	34	6,25
Profundidad de los materiales	0	16,7	16	0
La presión	14,3	16,7	6	31,25
La rigidez	0	0	13	6,25
No sabe/ No contesta	0	0	12	18,75
7- Define lo que es rigidez:				
La existencia de fuerzas moleculares y enlaces fuertes que impiden las deformaciones	71,4	33,3	39	50
Dureza	7,1	16,7	24	12,5
Medio compacto por la presión	0	0	12	6,25
Depende de la densidad	0	16,7	9	6,25
Otros: materiales que no se doblan, no se rompen fácilmente, no elásticos, etc.	14,3	33,3	16	25

Tabla 1. Resultados en porcentaje de ideas previas (tipo test).

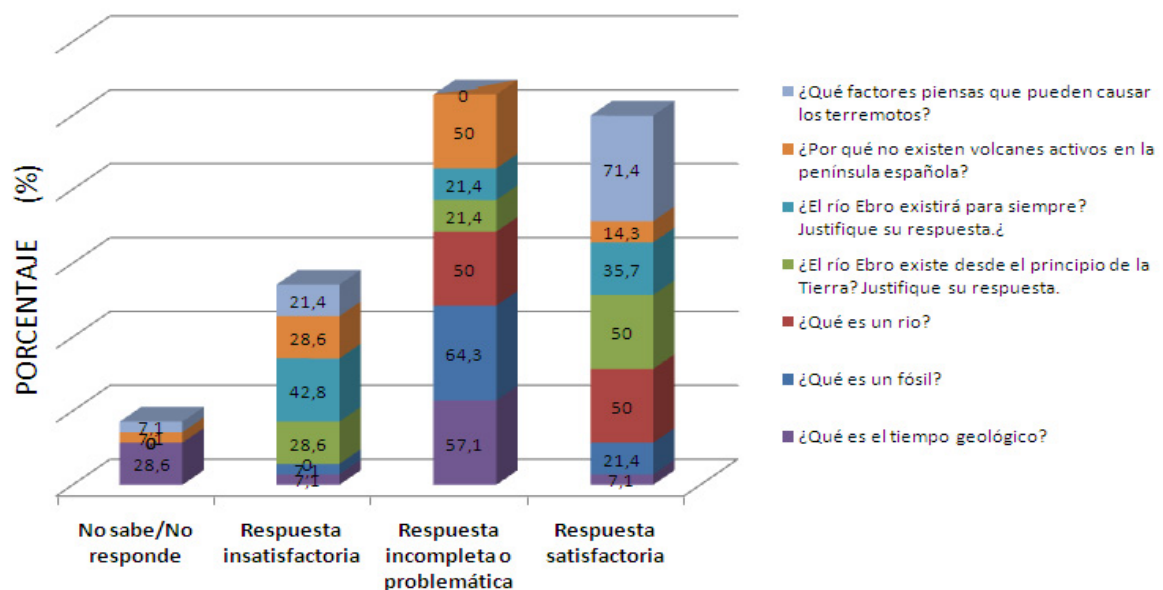
CURSO 4º ESO B			
PREGUNTAS CORTAS	RESPUESTAS (%)		
	INICIAL	FINAL	CONTROL
1- ¿Qué es el tiempo geológico?			
No sabe/No responde	28,6	0	6,25
Respuesta insatisfactoria	7,1	8,3	12,5
Respuesta incompleta o problemática	57,1	41,7	37,5
Respuesta satisfactoria	7,1	58,3	43,75
2- ¿Qué es un fósil?			
No sabe/No responde	0	0	43,75
Respuesta insatisfactoria	7,1	33,3	0
Respuesta incompleta o problemática	64,3	58,3	56,25
Respuesta satisfactoria	21,4	8,3	31,25
3- ¿Qué es un río?			
No sabe/No responde	0	0	0
Respuesta insatisfactoria	0	0	12,5
Respuesta incompleta o problemática	50	16,7	0
Respuesta satisfactoria	50	83,3	87,5
4- ¿El río Ebro existe desde el principio de la Tierra? Justifique su respuesta.			

No sabe/No responde	0	8,3	25
Respuesta insatisfactoria	28,6	8,3	0
Respuesta incompleta o problemática	21,4	0	18,75
Respuesta satisfactoria	50	83,3	56,25
5- ¿El río Ebro existirá para siempre? Justifique su respuesta.			
No sabe/No responde	0	25	18,75
Respuesta insatisfactoria	42,8	0	6,25
Respuesta incompleta o problemática	21,4	16,7	56,25
Respuesta satisfactoria	35,7	58,3	18,75
6- ¿Por qué no existen volcanes activos en la península española?			
No sabe/No responde	7,1	0	56,25
Respuesta insatisfactoria	28,6	83,3	37,5
Respuesta incompleta o problemática	50	0	6,25
Respuesta satisfactoria	14,3	16,7	0
7- ¿Qué factores piensas que pueden causar los terremotos?			
No sabe/No responde	7,1	0	6,25
Respuesta insatisfactoria	21,4	25	0
Respuesta incompleta o problemática	0	0	6,25
Respuesta satisfactoria	71,4	75	87,5

Tabla 2. Resultados en porcentaje de preguntas cortas.

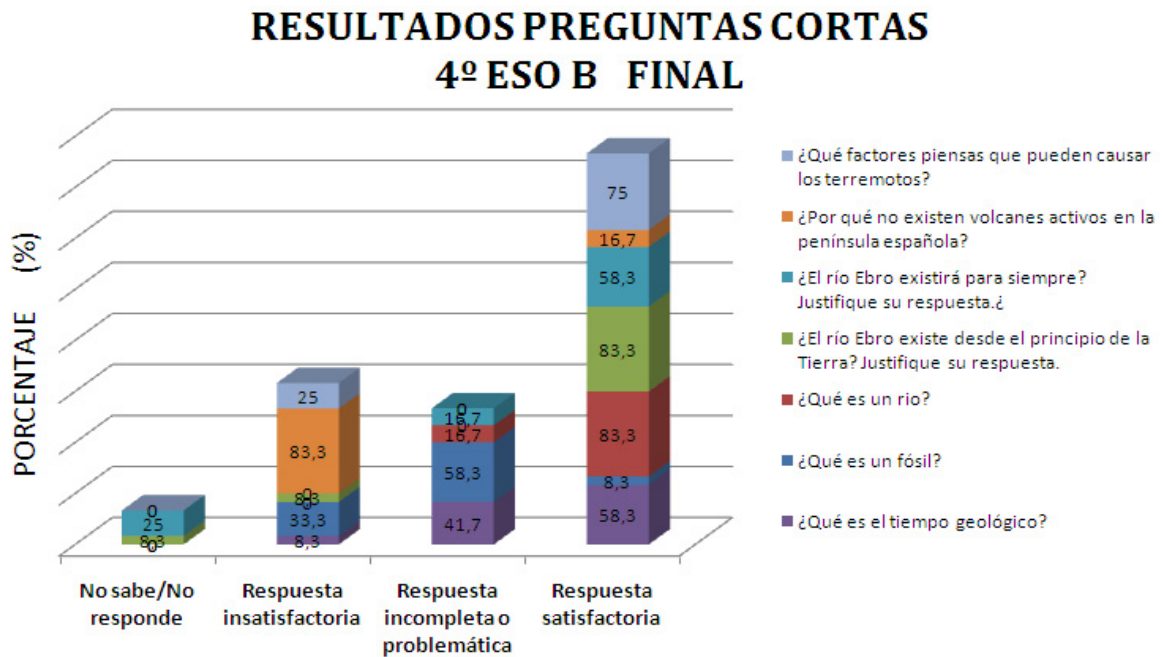
En las siguientes gráficas se observa la distribución de las preguntas breves de desarrollo totales, en las cuatro categorías consideradas en función del tipo de respuesta obtenida en nuestro grupo de estudio, además de los respectivos valores en porcentaje de cada pregunta por separado:

RESULTADOS PREGUNTAS CORTAS 4º ESO B INICIAL



Gráfica 1. Resultados en porcentaje de preguntas cortas previo a impartir la unidad 4º ESO B.

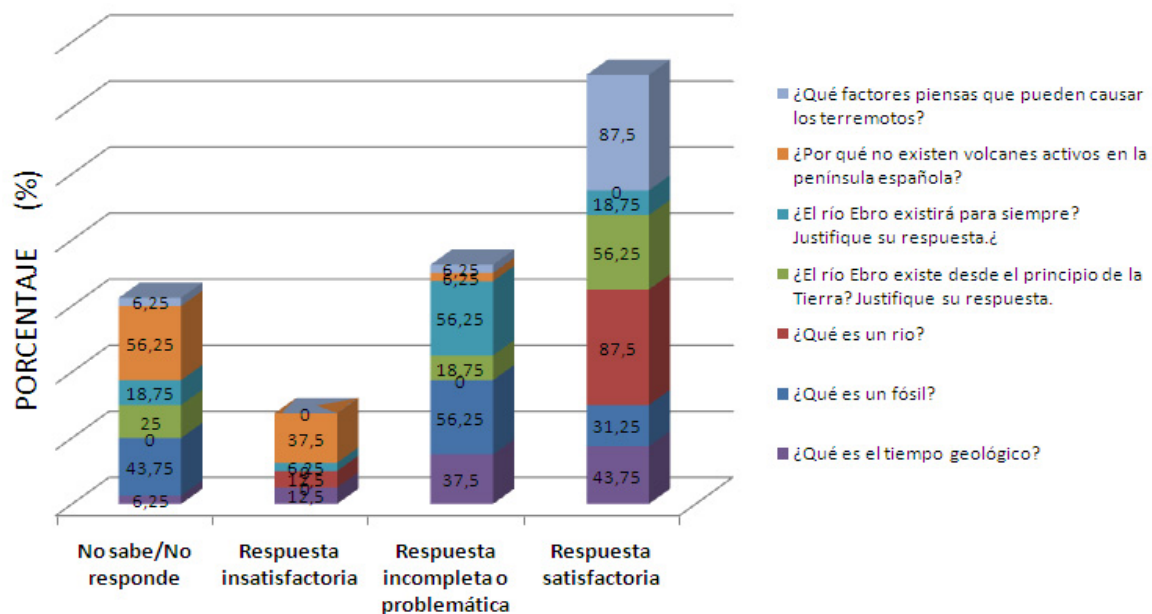
Se puede observar que la mayoría de las respuestas dadas son incompletas o problemáticas, seguidas muy de cerca por las respuestas satisfactorias. Esto nos permite hacernos una idea de la magnitud del problema de las ideas previas erróneas, ya que éstas suelen encontrarse implícitas mayormente en las respuestas denominadas como problemáticas, pero, por otra parte, es alentador el alto porcentaje de respuestas satisfactorias dadas por los alumnos de este estudio a pesar de todo.



Gráfica 2. Resultados en porcentaje de preguntas cortas posterior a impartir la unidad 4º ESO B.

Después de impartir la unidad didáctica se observa que el número de respuestas incompletas o problemáticas se ha reducido considerablemente, incluso la No sabe/No contesta para pasar a ser respuestas satisfactorias, es decir, ideas cercanas a la realidad. Sin embargo, queda de manifiesto cómo permanecen muchas de las ideas encontradas anteriormente a pesar de haberlas rebatido en la unidad que se ha tratado.

RESULTADOS PREGUNTAS CORTAS GRUPO CONTROL 4º ESO A



Gráfica 3. Resultados en porcentaje de preguntas cortas en el grupo control 4º ESO A.

Al contrario de lo que sucedía en el grupo de estudio previamente a que se impartiera la unidad didáctica, se puede observar que la mayoría de las respuestas dadas son respuestas satisfactorias. Sin embargo, las respuestas No sabe/No contesta en este caso son muy elevadas, por lo que existe un alto contraste de unas respuestas a otras. Además, las respuestas incompletas o problemáticas presentan unos porcentajes menores en este grupo. De esta manera, esto nos permite hacernos una idea de la magnitud del problema de las ideas previas erróneas, que en este grupo se hacen patentes aunque no tanto como en el grupo de estudio, ya que éstas suelen encontrarse implícitas mayormente en las respuestas denominadas como problemáticas. Esto puede ser debido a un mayor nivel generalizado del grupo control frente al grupo de estudio, con una mayor seguridad y claridad de ideas a la hora de responder el cuestionario.

DISCUSIÓN

A continuación examinaremos pregunta por pregunta, los resultados obtenidos en este estudio en consonancia con los ya realizados anteriormente, destacando posibles cambios que se hayan podido producir a través de las sucesivas generaciones de alumnos que separan dicho estudio, del actual. Además, diferenciaremos entre los alumnos de nuestro grupo de estudio, 4º ESO B y el grupo control, 4º ESO A, y los resultados dentro del primer grupo antes y después del desarrollo de la unidad didáctica.

Comenzaremos por el cuestionario de ideas previas y errores conceptuales de Geología (Granda Vera, A, 1988):

- 1- *¿Qué pruebas aportarías para demostrar que hay un núcleo semifluido e incandescente en el interior de la tierra?*

En esta primera pregunta se observa que tanto en el estudio realizado en el año 1988 como el que se presenta, la respuesta mayoritaria de los alumnos (50%) presupone que existe una comunicación directa entre el núcleo y el exterior terrestre; es decir, la existencia de canales o zonas de contacto entre los focos volcánicos y la corteza. Sin embargo, en nuestro caso, existe un porcentaje mayor de alumnos (28,6%) que ya han asimilado una idea correcta de la razón por la cual el núcleo es semifluido e incandescente, aunque sigue estableciéndose una relación inadecuada entre vulcanismo y tectónica global.

En el grupo control ocurre lo mismo, solo que hay un porcentaje mayor de alumnos que han asimilado la idea correcta (43,75%).

En lo que se refiere a la modificación en las ideas previas de nuestro grupo de estudio al final de la investigación, se observa un claro incremento de asimilación de una idea más cercana a la realidad (66,7%), ya que en los contenidos impartidos se incluyó la formación de la Tierra previa a la acción de los agentes geológicos externos que comenzaron a actuar una vez se enfrió la superficie y se formó la corteza terrestre.

2- *¿A qué factor/es se debe la existencia del campo magnético terrestre?*

En esta pregunta, el estudio al que se hace referencia detecta que la mayor parte de los alumnos (48%) admite que desconoce la respuesta. En el caso que nos ocupa, un 71,4% contesta que es debido a la composición de Fe y Ni del núcleo y el movimiento respectivo de los polos y tan solo un 7,1% reconoce que no sabe la respuesta. Se pone de manifiesto que los alumnos parecen conocer la influencia del movimiento de los polos en el campo magnético, pero se ha observado en ciertos comentarios hechos en el momento de la realización del cuestionario que no ocurre así con las propiedades magnéticas que presentan los materiales de los que está formado el núcleo terrestre. Sin embargo, al terminar el estudio e impartir la materia, un 100% de los alumnos relacionan la existencia del campo magnético con el movimiento relativo de los polos terrestres de entre los que continúa existiendo un notable porcentaje que no lo relaciona en absoluto con la composición del núcleo terrestre.

En cuanto al grupo control se observa una dicotomía entre respuestas de ideas previas cercanas a la realidad (62,5%) y No sabe/No contesta (37,5%) sin categorías intermedias, por lo que estos alumnos manifiestan unas ideas claras y concisas respecto a los alumnos del grupo de estudio.

3- *¿A qué altura estaba el nivel del mar en el momento de depositarse lo que actualmente son fósiles, respecto del nivel actual?*

En el estudio de *Granda Vera* los alumnos contestan en su mayoría satisfactoriamente (47%), a pesar de que un porcentaje importante (37%) presenta la idea previa de que los continentes actuales se encontraban bajo el mar, por lo que contestan que dicho nivel llegaba hasta las cimas actuales sobrepasándolas. En nuestro estudio la inmensa mayoría de los alumnos (57,1%) contestan de acuerdo con esto último, por lo que obvian los procesos que se producen a lo largo del tiempo geológico en el relieve y que es éste el que se encuentra en continuo cambio debido a la dinámica interna del planeta y no los movimientos del mar, con los que asocian el surgimiento de las estructuras geológicas. Sorprendentemente, estos planteamientos son similares a los de muchos medievalistas. Por el contrario, Leonardo da Vinci decía que debían de haberse producido cambios en la corteza para que los fósiles llegaran a lugares como las cimas de las montañas y no

necesariamente como consecuencia de un cataclismo. Por lo que introducía en cierto modo el concepto de tiempo geológico.

Una vez impartida la unidad didáctica tan solo un 16,7% sigue poseyendo la idea previa de que es el nivel del mar el que varía y un 83,3 % escoge la respuesta más cercana a la realidad frente a un 14,3% en el primer análisis, por lo que en torno a un 69% parece haber entendido la dinámica geológica tras impartir esta unidad. Se puede entender que esto ha ocurrido así por el debate que tuvo lugar en clase durante el desarrollo de la unidad sobre cómo los fósiles pueden aparecer en las cimas de las montañas.

Por otro lado, el grupo control proporciona respuestas homogéneas en todas las categorías, por lo que existe una cierta diversidad en cuanto a las ideas previas y el desconocimiento de este tema en concreto.

4- *Qué roca es más fácilmente erosionable en la superficie terrestre, ¿un granito o una caliza?*

Con esta pregunta se pretendía observar si los alumnos son capaces de establecer una relación entre la dureza de una roca y la erosión que dicho material puede sufrir como resultado de esta propiedad. Los materiales más blandos son más fácilmente erosionables, algo que los alumnos parecen desconocer, ya que relacionan la erosión con otras propiedades como es la porosidad, la compactación, la densidad etc. y nunca con la dureza. En nuestro estudio un 50% de los alumnos se decanta por la caliza, sin embargo, ninguno de ellos escoge la respuesta acertada, en contraposición con los resultados de *Granda Vera*, por los que un 30% de los mismos conoce la respuesta y en torno a un 80% escoge la respuesta caliza. En la parte final del estudio en el grupo 4º ESO B, tan sólo un 8,3% ha entendido que la caliza es más erosionable debido a que sus enlaces químicos son más débiles después de impartir la materia, ya que anteriormente ningún alumno escogió esta respuesta. Sin embargo el resto (91,7%) se decanta por la relación de la erosión de este material debido a la propiedad de la dureza. La razón por la que este concepto lo han entendido muy bien, puede ser atribuida a que en el tema se vio un tipo de relieve, llamado relieve ruiforme, que presenta una forma muy peculiar que captó la atención de los alumnos y asimilaron que la formación de dicho relieve estaba relacionada con la erosión de un material más blando, el carbonato cálcico, que unía a modo de cemento el resto de la estructura.

En el análisis efectuado en el grupo control, se observa que, al igual que en el primer análisis llevado a cabo en nuestro grupo de estudio, ningún alumno relaciona la erosión de este material con la propiedad de la dureza, sino que, o no conoce la respuesta o lo atribuyen a sus enlaces o su compactación.

5- *Los volcanes y terremotos, ¿son la causa o el efecto de los movimientos de las placas?*

En torno a un 43% de los alumnos piensan que la causa de los volcanes y terremotos está relacionada con el movimiento de placas, frente a un 80% de los alumnos del estudio de *Granda Vera*. En nuestro caso, la mayoría de los alumnos no tienen muy clara la relación de causalidad de la cuestión que se le plantea, aunque de estas respuestas se derivan una serie de afirmaciones implícitas como es la existencia de fosas al alejarse las placas donde se producen los volcanes. Debido a la importancia que implica por sus connotaciones de catástrofe, el ejemplo del choque de placas parece más creíble por los alumnos. Una vez dado el tema, el 100% de los alumnos relacionan los

volcanes y los terremotos con el movimiento de placas y un 66,7% ya tiene clara la relación de causalidad de la que hablábamos y quedando el menor porcentaje (8,3%) atribuido a la respuesta que implicaba esas connotaciones de catástrofe.

En el caso del grupo control ocurre que, al igual que nuestro grupo de estudio al principio, la mayoría (56,25%) asocia los volcanes y terremotos al choque entre placas.

6- *¿Qué factores influyen en la velocidad de las ondas sísmicas en su transmisión por el interior de la Tierra?*

Destaca la importancia concedida a la densidad en las respuestas, tanto en un estudio como en otro, y, en el caso que nos ocupa, especialmente se hace hincapié en el estado físico de las capas de la tierra y la composición de los materiales (49,7%), por lo que los alumnos parecen haber asimilado en cierto modo, de manera indirecta, la ondas sísmicas como método para establecer las distintas capas que conforman el interior terrestre. Además, en nuestro estudio ningún alumno habla de rigidez en esta cuestión y, a la hora de definirla, un 71,4% posee dicho concepto asimilado correctamente frente a un 39% del estudio de *Granda Vera*.

En el análisis final de nuestro grupo de estudio en esta cuestión se observa que el porcentaje de alumnos que poseían una idea previa cercana a la realidad ha disminuido en un 24,7%.

7- *Define lo que es rigidez*

En cuanto a la definición de rigidez ha ocurrido lo mismo en un 38,1%. Esto puede ser debido a que, a pesar de haber tratado de una forma u otra estos conceptos no se le prestó mucha atención a esta parte del tema, ya que se detectó en el primer análisis que parecía no haber problema con dichos conceptos, sin embargo, la idea previa que presentaban los alumnos no estaba bien afianzada y, como consecuencia, muchos de ellos han deducido que su respuesta anterior era incorrecta, por lo que han proporcionado otra distinta cuando hemos vuelto a pasar el tipo test abierto. Esto también puede estar influenciado por la inseguridad que caracteriza a los alumnos de estas edades.

En el grupo control coinciden los resultados en ambos casos, es decir, un porcentaje alto manifiesta como factores el estado físico de las capas de la Tierra y la composición de los materiales (37,5%), sin embargo, un porcentaje ligeramente menor (31,25%) lo atribuye a la influencia del factor presión. En cuanto a la definición de rigidez el 50% tiene una idea previa cercana a la realidad.

A continuación examinaremos las preguntas cortas realizadas a nuestros alumnos considerando los resultados obtenidos en el estudio llevado a cabo por *Lúcia Castanheira de Moraes y Hildor José Seer (2005)* y contrastándolas tanto con la segunda fase de la investigación en nuestro grupo de estudio, como con los resultados del grupo control.

En la primera pregunta, *¿Qué es el tiempo geológico?*, existe un porcentaje alto de alumnos que no sabe la respuesta (28,6%) o que ésta es insatisfactoria (7,1%). El 57,1% contesta de forma problemática y, tan sólo un 7,1% lo hace de manera satisfactoria. En las respuestas se observa que los alumnos relacionan el tiempo geológico con la historia o la edad de la tierra pero, al tratarse de un concepto un tanto abstracto y difícil de entender por ellos, no parecen interrelacionarlo con la dinámica de la tierra, es decir, siguen viendo los distintos cambios que han ido aconteciendo en el relieve a lo largo de millones de años como algo estático. Tras impartir la unidad didáctica sigue existiendo

un alto porcentaje de respuestas insatisfactorias (41,7%) pero el número de respuestas satisfactorias se ha elevado a un 58,3%, ya que han asociado la dinámica de la Tierra al mismo y expresan la magnitud del mismo con claridad. En el grupo control destaca que, a pesar de existir muchos alumnos con una idea previa problemática en torno a este concepto, también hay un porcentaje bastante alto que lo define correctamente (43,75%), al contrario de lo que ocurrió inicialmente en el grupo de estudio.

En cuanto a la pregunta sobre *¿Qué es un fósil?* es preciso mencionar que existen aspectos de la Historia de la Geología interrelacionados y condicionados por la temática bíblica, singularmente el Diluvismo y la polémica sobre el origen de los fósiles que han analizado diversos autores españoles (Capel, 1985; Pelayo, 1996).

En nuestro estudio un 21,4% de los alumnos proporcionan una respuesta satisfactoria, junto a un 64,3% que es incompleta o problemática. El principal problema que se deriva de la comprensión de este concepto es que muchos alumnos no alcanzan a entender que los fósiles no son una roca. Una vez más, la capacidad de abstracción juega un papel importante, además de los conocimientos, como puede ser el proceso de mineralización que al parecer no tienen muy claro los alumnos. Una vez impartidas las clases, a pesar de haber insistido en este concepto, el porcentaje de respuestas insatisfactorias (58,3%) ha incrementado y las respuestas satisfactorias (8,3%) notablemente. Es posible que, en el momento en el que se explicó este concepto, el nivel de atención de los alumnos fuera bajo y muchos de ellos lo comprendieran al revés, ya que aumentó el número de respuestas en las que se afirmaba que un fósil es una roca, pudiendo estar influido por el hecho de que la idea previa manifestada anteriormente se encontraba poco afianzada. Por el contrario, en el grupo control, no hay ninguna respuesta insatisfactoria y, sin embargo, muchos alumnos contestan que desconocen la respuesta, por lo que se puede apreciar que, muchos de los alumnos, en caso de no tener claros los conceptos, no responden, por contraposición con el grupo de estudio.

La pregunta sobre *¿Qué es un río?* ha tenido como resultado un 50% de respuestas problemáticas y un 50% satisfactorias.

En consonancia con el estudio mencionado, nuestros alumnos presentan un entendimiento de este concepto mucho más concreto. Esto puede deberse a que el intervalo de edad de los alumnos con los que se realizó el estudio era mucho más amplio, aunque la media coincide con la edad de los alumnos de nuestro estudio (16 años), por lo que es más probable que en la zona donde se realizaron estas preguntas existan unos errores conceptuales o ideas previas condicionadas por la actividad a realizar o por la propia cultura, ya que muchas de sus respuestas hacían alusión a las aguas subterráneas. Las respuestas incompletas o problemáticas son debidas al uso de términos confusos como: *“un conjunto de agua”*, *“una prolongación de agua”* etc. Por otra parte, todos parecen tener claro que nace en las montañas en las partes más altas y desemboca en el mar en las partes más bajas. Otras respuestas se encuentran incompletas porque los relacionan o sólo con la lluvia o sólo con el deshielo. Al finalizar la unidad didáctica, ya hay un 83,3% que responde satisfactoriamente, en consonancia con el grupo control (87,5%), que incluso sobrepasa en respuestas satisfactorias al anterior aun no habiendo recibido las clases correspondientes al tema.

Al igual que en el estudio considerado, nuestra investigación con las tres preguntas siguientes busca entender cómo los alumnos ven los procesos dinámicos de la Tierra. En nuestro caso, el número de alumnos que dan una respuesta insatisfactoria sobre si el

río Ebro existe desde el principio de la Tierra es marcadamente menor (28,6%) que los que proporcionan una respuesta insatisfactoria sobre si el río Ebro existirá para siempre o no (42,8%). En este último caso, un par de alumnos relacionan el destino del río con el ambiente, sin embargo en los alumnos del estudio realizado en Brasil, en su mayor parte relacionan el futuro del Amazonas con el ambiente y la intervención del hombre. Nuestros alumnos han proporcionado respuestas del tipo: “*No porque se unirán todos los continentes y los ríos desaparecerán*”, “*No porque no sabemos qué ocurrirá próximamente*” etc. En estas respuestas se aprecian ideas adquiridas en cuanto a la dinámica de la Tierra, que relacionan con el ciclo por el cual todos los continentes volverán a unirse para formar un supercontinente. Por otro lado, el uso de términos en esta definición como “*próximamente*”, denotan la no comprensión del concepto de tiempo geológico asociado a los fenómenos de la dinámica interna terrestre que afectan a la formación del relieve. En el cuestionario analizado posteriormente, en nuestro grupo de estudio se incrementan las respuestas satisfactorias tanto en la cuestión sobre la existencia del río Ebro desde el principio de la Tierra (83,3%) como en su la de su existencia para siempre (58,3%). En este caso, en el grupo control se encuentran unos resultados similares en la primera cuestión con un 56,25% de respuestas satisfactorias y en la segunda pregunta se observa un incremento en las respuestas problemáticas (56,25%) aunque las respuestas insatisfactorias (6,25%) también son menores que en el grupo de estudio al comienzo de la investigación.

En lo referente a la pregunta de *¿Por qué no existe vulcanismo activo en la península ibérica?* la mayor parte de los alumnos (50%) proporcionan una respuesta incompleta, normalmente relacionada con los límites de placas o haciendo alusión a los “*círculos de fuego del mar*”. Un 28,6% da una respuesta insatisfactoria y tan sólo un 14,3% proporciona una respuesta satisfactoria. En general, la mayoría de los alumnos manifiesta que la península no presenta límites de placas. En el estudio llevado a cabo en Brasil las respuestas son similares aunque en términos de porcentajes presenta menos respuestas insatisfactorias.

Una vez más, al igual que ha sucedido con el concepto de fósil, los alumnos no han adquirido una idea previa cercana a la realidad ya que las respuestas satisfactorias se mantienen prácticamente igual y sin embargo, las insatisfactorias han incrementado considerablemente a un 83,3%. Esto puede ser debido en este caso a que la unidad didáctica dada, aunque ha incluido contenidos referentes a geodinámica interna, sí es cierto que ha estado centrada fundamentalmente en geodinámica externa, por lo que esta temática se ha visto de una manera más superficial, con mucha menos profundidad.

En el grupo control destaca de nuevo que, en lugar de obtener respuestas problemáticas como ocurre en 4º ESO B, los alumnos manifiestan que no conocen la respuesta.

Por último, un 71,4% de los alumnos parecen tener claro que los terremotos son debidos al movimiento de las placas tectónicas, aunque no especifican que se trate de tensiones acumuladas que se liberan, sino que dan a entender que dicho movimiento se produce de manera brusca, lo cual supone otra prueba de que no alcanzan a integrar el concepto de tiempo geológico y la dinámica interna terrestre. Esto se mantiene en la siguiente fase del estudio y se repite de una forma similar, aunque con un porcentaje mayor de respuestas satisfactorias, en el grupo control.

CONCLUSIONES

Aquellas cuestiones que requieren de un *pensamiento abstracto*, especialmente las relacionadas con la dinámica interna de la Tierra, son las que más problemas conllevan a los alumnos a la hora de interpretarlas. Esto se puede observar por ejemplo en la concepción que presentan los alumnos de que el estado del núcleo interno terrestre es conocido por las erupciones volcánicas, que el nivel del mar cambia como consecuencia de movimientos de las aguas y no de los continentes. El concepto de tiempo geológico resulta muy problemático a la hora de realizar ciertas concepciones, por ejemplo las relacionadas con la producción de terremotos por el movimiento de las placas tectónicas, en torno a lo que los alumnos piensan que dicho movimiento se produce de manera brusca, de acuerdo con la escala de tiempo en la que ellos se mueven habitualmente, y no a lo largo de millones de años que provocan la acumulación de tensiones que se liberan en un momento determinado. Estas concepciones equivocadas suelen estar relacionadas con esquemas y dibujos que probablemente han inducido a error previamente o, simplemente por no haber comprendido dichas representaciones adecuadamente debido a su complejidad o una baja capacidad de abstracción de los alumnos.

Un aspecto importante que se desprende de este estudio, es que las ideas previas o errores conceptuales se encuentran íntimamente ligados y, por tanto, influidos por la cultura que rodea a los alumnos, así como las actividades principales que se lleven a cabo en el lugar de residencia.

Así ocurre en el caso de los alumnos del estudio de *Lúcia Castanheira de Moraes y Hildor José Seer (2005)*, llevado a cabo en Brasil y para un fin concreto: formarles en geología para la actividad minera con incidencia de variables de contexto.

Además, en algunos casos las ideas previas se encuentran tan *arraigadas* que permanecen aun después de haber impartido la unidad didáctica correspondiente, que trataba los aspectos previos analizados y que se volvieron a analizar posteriormente. Esto ocurre por ejemplo en la idea previa que los alumnos poseían sobre la variación del nivel del mar, ligada a la dinámica del relieve.

Por el contrario, también existen *ideas previas poco afianzadas*; llama especialmente la atención que, aun detectando que un concepto está muy claro, será preciso hacer hincapié en él también en el desarrollo de la unidad didáctica, ya que los alumnos pueden no tener muy claro si están en lo cierto y variar su idea previa por otra menos acertada. Esto se observa de forma clara por ejemplo en la evolución acontecida en las respuestas sobre el concepto de fósil.

Sin embargo, es preciso decir que, en la mayoría de los casos los alumnos varían sus ideas previas conduciéndolas hacia otras más cercanas a la realidad.

Se puede observar por tanto distintas evoluciones dependiendo de la idea previa que se trate a lo largo de la investigación.

Por otra parte, también se ha constatado que en aquellos grupos en los que el nivel general es más alto, como ocurre en nuestro grupo control, tal y como el profesor del mismo nos ha manifestado quedando reflejado también en los resultados de nuestro estudio, esto influye a la hora de contestar a las preguntas formuladas, que en muchos casos o son las más cercanas a la realidad o directamente contestan que desconocen la respuesta, sin categorías intermedias de respuestas incompletas, problemáticas o insatisfactorias, ya que presentan una mayor claridad de ideas. Este nivel más alto puede observarse claramente en la pregunta sobre el campo magnético y en varias de las

preguntas de desarrollo breve como es en la definición de río o la razón de que no exista vulcanismo en la península ibérica.

Además, en muchos casos se detecta *falta de conocimiento* en ciertos aspectos como puede ser en la composición del núcleo y, de esto se deriva la aplicación de un *falso sentido común* a la hora de responder, que queda reflejado en el alto porcentaje que contesta a la pregunta sobre el factor responsable de la existencia del campo magnético con la respuesta de que se debe a que los polos magnéticos generan un imán. Otro ejemplo claro de falta de conocimiento en determinadas cuestiones surge con el concepto de fósil, del cual se deriva el desconocimiento del proceso de fosilización.

Cabe mencionar que, en algunos aspectos concretos queda patente que existe una falta de dominio conceptual de contenidos propios de la Geología en nuestros alumnos con respecto al estudio realizado en los alumnos en el año 1988. Esto puede deberse a un cambio en los conceptos que se suelen impartir hoy en día referentes a Geología, probablemente, por una menor dedicación a esta parte de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza en Secundaria a consecuencia de su ubicación habitual al final del año en la temporalización, por lo que en muchas ocasiones estos conceptos ni siquiera son vistos por los alumnos. Por el contrario, también se aprecian cambios en el otro sentido, como ocurre con el concepto de rigidez, el cual se encuentra integrado correctamente en la mayoría de los alumnos del presente estudio frente a los resultados de *Granda Vera* que presentan un porcentaje menor; tal vez pueda haber influido en ello una presencia más continuada de contenidos de Física.

Muchas de estas variaciones pueden deberse a factores no significativos para generaciones anteriores o posteriores, ya que pueden darse distintas circunstancias que sesguen los datos de esta manera, como puede ser la simple razón de que el día que tenía que explicarse un concepto determinado el profesor faltó porque estaba enfermo y no se hizo. No obstante, un estudio más detallado y con toma de muestras más amplia, podría arrojar luz sobre estas variables.

ANEXO I: CUESTIONARIO IDEAS PREVIAS Y ERRORES CONCEPTUALES GEOLOGÍA

Señala con una cruz o añade cualquier otra respuesta o comentario si lo consideras necesario:

- 1- ¿Qué pruebas aportarías para demostrar que hay un núcleo semifluido e incandescente en el interior de la tierra?
 - Los materiales que arrojan los volcanes
 - El propio origen de la tierra, cuando era una bola incandescente
 - Por la trayectoria de las ondas sísmicas al llegar al núcleo
 - Por las perforaciones que se realizan
 - Otras razones.

- 2- ¿A qué factor/es se debe la existencia del campo magnético terrestre?
 - El rozamiento entre capas del interior terrestre
 - El movimiento respectivo de los polos terrestres
 - La composición de Fe y Ni del núcleo
 - La rotación de la tierra
 - No sabe/no contesta

- 3- ¿A qué altura estaba el nivel del mar en el momento de depositarse lo que actualmente son fósiles, respecto del nivel actual? (p. ej. en El Torcal de Antequera, con una altura media de unos mil metros)
 - Llegaba hasta las cimas actuales sobrepasándolas
 - Más o menos como el actual
 - A menos de mil metros
 - No sabe/no contesta.

- 4- ¿Qué roca es más fácilmente erosionable en la superficie terrestre, ¿un granito o una caliza?
 - La caliza porque:
 - sus enlaces químicos son más débiles
 - es más blanda
 - es menos compacta
 - otras: más porosa, menos densa, más heterogénea,
 - El granito porque se forma a condiciones más alejadas de las dominantes en la corteza, que la caliza
 - No sabe/no contesta

- 5- Los volcanes y terremotos, ¿son la causa o el efecto de los movimientos de las placas?

- Son causa y efecto
- Cuando se acercan las placas producen los terremotos; cuando se alejan, los volcanes.
- Se originan como consecuencia del movimiento de las placas.
- Los volcanes son causa porque expulsan lava; los terremotos efecto.
- En el choque de placas se provocan los volcanes y sismos.
- No sabe/no contesta

6- ¿Qué factores influyen en la velocidad de las ondas sísmicas en su transmisión por el interior de la Tierra?

- La composición de materiales
- La densidad
- Profundidad de los materiales
- El estado físico de las capas de la tierra
- La presión
- La rigidez

7- Define lo que es rigidez:

- La existencia de fuerzas moleculares y enlaces fuertes que impiden las deformaciones
- Dureza
- Medio compacto por la presión
- Depende de la densidad
- Otros: materiales que no se doblan, no se rompen fácilmente, no elásticos, etc.

Responde brevemente:

- 1- ¿Qué es el tiempo geológico?
- 2- ¿Qué es un fósil?
- 3- ¿Qué es un río?
- 4- ¿El río Ebro existe desde el principio de la Tierra? Justifique su respuesta.
- 5- ¿El río Ebro existirá para siempre? Justifique su respuesta.
- 6- ¿Por qué no existen volcanes activos en la península española?
- 7- ¿Qué factores piensas que pueden causar los terremotos?

BIBLIOGRAFÍA

- Anguita, Francisco., y José Lillo, 1993. La 1ª Conferencia Internacional sobre Educación y Formación en Geociencias. *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra* (1.2).
- Anguita, Francisco., 2004. Los futuros de la enseñanza de la Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12.1, 16-19
- Capel, H, 1985. La física Sagrada. Barcelona. *El Serval*.
- García Barros, S., Martínez, M.C. y Mondelo, M. (1995). El trabajo práctico. Una intervención para la formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), 203-209.
- Gil, D. y Valdés, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 155-163.
- Granda Vera, A., 1988. Investigación y Experiencias Didácticas. Esquemas conceptuales previos de los alumnos en Geología. *Enseñanza de las Ciencias*, 1988.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Libarkin et al., 2005. Qualitative Analysis of College Students' Ideas about the Earth: Interviews and Open-Ended Questionnaires. *Journal of Geoscience Education*, v. 53, n. 1, February, 2005, p. 17-26
- Lillo, J. (1994). Los trabajos prácticos de Ciencias Naturales como alternativa reflexiva, crítica y creativa. *Alambique*, 2, 47-56.
- Lúcia Castanheira de Moraes y Hildor José Seer, 2005. El uso de las ideas previas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de geología con técnicos en minería. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2005.
- Melero, Jesús., 1997. Espacio, recursos y actividades prácticas en el “aula de materia” de Geología en la Enseñanza Secundaria, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5.2, 131-140.
- Pedrinaci, Emilio., 2001. Los conocimientos geológicos en la ESO: un análisis del nuevo curriculum. *Alambique* Nº 33, 49-58.
- Santillana (2009). Biología y Geología, 4º ESO Santillana
- Sequeiros, L., 1994. La formación del profesorado de geología: nuevos haberes y nuevas tareas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2.2 y 3, 318-325.
- Sequeiros L. et al., 1996. Cómo enseñar y aprender los significados del tiempo geológico: algunos ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4.2, 113-119
- Serrano, T. (1990). De los setenta a los noventa. *Cuadernos de Pedagogía*, nº 180, 12-15.
- Shayer, M.; Adey, P. 1984. La ciencia de enseñar ciencias, Narcea: Madrid.

Documentos Oficiales y Web:

- Real Decreto 1631/2006 de 29 de diciembre. Ley Orgánica de Educación 2/2006—por el que se establecen las enseñanzas mínimas para la educación secundaria obligatoria
- Decreto 231/2007 para la Comunidad Autónoma de Andalucía
- Orden de 10 de agosto de 2007, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía.
- Plan Anual de Centro 09/10 del I.E.S Zaidín Vergeles
- <http://www.digital-text.com/>
- Departamento de Geodinámica de la Universidad de Granada:
- <http://www.ugr.es/~geodina/>
- Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC: <http://www.iact.csic.es/>

