



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Trabajo fin de máster

**Estudio del entorno
geológico mediante una
investigación dirigida
en Biología y Geología
de 1º de Bachillerato**

Presentado por: David Cruz-García

Tipo de trabajo: Propuesta de intervención

Director/a: Javier Pizarro Delgado

Ciudad: Córdoba

Fecha: 06/01/2020

Resumen

Desde los grandes retos globales, como las medidas contra el cambio climático, hasta las pequeñas acciones del día a día, como la compra de alimentos manufacturados en base a su información nutricional, requieren la toma de decisiones fundamentadas por parte de la ciudadanía, que idealmente debe estar capacitada para interactuar con estas cuestiones científicas. En la educación formal, esta capacitación o alfabetización científica para todos los ciudadanos se ha impulsado gracias al marco competencial. No obstante, su adecuado desarrollo en el aula necesita de metodologías específicas que permitan al alumno poner en juego los conocimientos, destrezas y valores relativos a las ciencias. Así, en este trabajo se presenta una propuesta de intervención basada en el modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación dirigida para que los alumnos de la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato aborden, organizados en equipos y con la orientación del docente, una situación problemática relevante para ellos por tratar sobre la historia geológica del entorno de su ciudad, en este caso Córdoba. Su secuencia de actividades se ha diseñado para que las concepciones de los alumnos sobre los procesos geológicos responsables de la configuración del relieve puedan evolucionar mediante la emisión y contrastación de hipótesis y la confrontación argumentada de pareceres entre los alumnos. Además de la formulación de hipótesis, las actividades están encaminadas a que los alumnos se apropien de otros elementos del trabajo científico como la planificación de estrategias de contrastación, la observación y recogida de datos, la interpretación de los mismos y la construcción de modelos explicativos que respondan a los resultados obtenidos y al marco teórico del problema inicial. Para dar mayor verosimilitud a la investigación, la secuencia didáctica integra una salida de campo por el entorno de la ciudad como parte de la estrategia de contrastación. La evaluación de los aprendizajes se centra en la valoración del trabajo continuo de aula y de un informe final de la investigación, que además debe conducir a los alumnos a la reflexión sobre los logros alcanzados. En definitiva, esta propuesta pretende facilitar la alfabetización científica de los estudiantes de Bachillerato, así como la mejora de sus actitudes hacia la ciencia en general y la geología en particular.

Palabras clave: *alfabetización científica, educación secundaria, geología, investigación dirigida, salida de campo.*

Abstract

From the biggest global challenges, such as the measures to fight climate change, to small day-to-day actions, like purchasing manufactured food on the basis of its nutritional facts, require that the citizenship is able to engage with science-related issues by taking well-founded decisions. In formal education, this scientific literacy for citizenship is being developed through the key competences framework. Nevertheless, its adequate implementation in the classroom requires specific methodologies allowing students to bring knowledge, skills and values related to science into play. Thus, this work presents a proposal of classroom intervention based on the teaching model as guided research to allow 11th grade Biology and Geology pupils to tackle, with the teacher's guidance and organized in teams, a relevant problematic situation about the geological history of the surroundings of their city (in this case, Cordoba). The task sequence of this intervention has been designed to promote the evolution of the students' preconceptions on the geological processes involved in landscape formation, as a result of formulating and testing hypotheses and the confrontation of argued opinions among students. In addition to hypothesis formulation, tasks are headed to empower students through the acquisition of other elements of the scientific work, such as planification of testing strategies, observation and data collection, data interpretation, and building of explanatory models based on the obtained results and the theoretical framework of the problem. To make this guided research more real and attractive for the students, the didactic sequence includes a field trip around the city and its surroundings as part of the testing strategy. The evaluation of student learning is focused on the appraisal of the classroom work and a final research report, which should indeed help students to reflect on their achievements. In sum, this proposal is aimed to facilitate the scientific literacy of high school students and to improve their attitudes toward science and specifically toward geology.

Keywords: scientific literacy, secondary education, geology, teaching as guided research, field trips.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
2 MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Enseñanza-aprendizaje por investigación dirigida.....	7
2.1.1 Perspectiva histórica desde el aprendizaje por descubrimiento	7
2.1.2 Fundamentos del modelo por investigación dirigida	11
2.1.3 Cambio en los roles de los alumnos y del docente	16
2.1.4 Beneficios y dificultades asociados al modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación dirigida	18
2.2 La salida de campo como recurso didáctico.....	19
2.2.1 Finalidades y clasificación de las salidas de campo	19
2.2.2 Consideraciones en el diseño de las salidas de campo y limitaciones asociadas a su desarrollo.....	22
3 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	24
3.1 Presentación de la propuesta	24
3.2 Contextualización de la propuesta y destinatarios	25
3.3 Intervención en el aula	26
3.3.1 Objetivos didácticos	26
3.3.2 Competencias clave	27
3.3.3 Contenidos	29
3.3.4 Temporalización	31
3.3.5 Secuencia de actividades	32
3.3.6 Evaluación del aprendizaje.....	53
3.4 Evaluación de la propuesta.....	57
4 CONCLUSIONES.....	58
5 LIMITACIONES Y PROSPECTIVA.....	61
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

7 ANEXOS	69
7.1 Anexo 1.....	69
7.2 Anexo 2	71
7.3 Anexo 3	73
7.4 Anexo 4	74
7.5 Anexo 5.....	75
7.6 Anexo 6	76
7.7 Anexo 7.....	79
7.8 Anexo 8	80
7.9 Anexo 9	81
7.10 Anexo 10.....	82
7.11 Anexo 11	83
7.12 Anexo 12.....	85
7.13 Anexo 13.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre los objetivos didácticos, contenidos, estándares de aprendizaje específicos y competencias clave.....	30
Tabla 2. Temporalización de las sesiones y actividades de esta propuesta.....	31
Tabla 3. Rubrica para evaluar y calificar el informe final de la investigación.....	55
Tabla 4. Autoevaluación de la propuesta de intervención.....	57

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

La sociedad del siglo XXI, globalizada, compleja, cambiante y tecnológicamente avanzada, reclama a sus ciudadanos que adquieran y pongan en juego a lo largo de toda su vida una serie de competencias que les permitan desarrollarse de manera exitosa a nivel personal, laboral y social. Por este motivo, a finales de la década de los 90, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico impulsó el Proyecto de Definición y Selección de Competencias con el fin de delimitar dichas competencias, adjetivadas como “clave”, y proporcionar una herramienta a los sistemas educativos para que estos pudieran orientar sus políticas hacia la adquisición y el desarrollo de estas competencias clave (Rychen y Salganik, 2003). De un modo similar, la Unión Europea también promovió estudios sobre la misma materia que concluyeron con una propuesta a los Estados miembros de un marco de referencia para facilitar que las competencias clave se integraran plenamente en las estrategias educativas de dichos Estados y, particularmente, en el ámbito del aprendizaje a lo largo de toda la vida (Parlamento Europeo, 2006). En España, estas orientaciones se incorporaron a la legislación educativa con la entrada en vigor de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, pero no fue hasta la aprobación de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de Calidad Educativa cuando el nuevo paradigma educativo que supone el enfoque competencial adquirió un carácter vertebrador del currículo de la enseñanza básica.

Una de las siete competencias clave que la normativa vigente en materia educativa a nivel nacional pretende implementar es la *competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología* que a su vez se puede desglosar en varios componentes, uno de los cuales es lo que desde otros ámbitos se ha denominado como *competencia científica*. Según el marco del programa PISA 2105, la competencia científica se define como “la habilidad para interactuar con cuestiones relacionadas con la ciencia y con las ideas de la ciencia, como un ciudadano reflexivo” (OECD, 2017, p. 22). A su vez, esta habilidad se puede desglosar en tres capacidades o subcompetencias. La primera es la capacidad para explicar fenómenos naturales y tecnológicos y las implicaciones sociales de los mismos, la cual necesita de un conocimiento de las ideas fundamentales de la ciencia. La segunda pone en juego el conocimiento y la comprensión de la investigación científica para identificar cuestiones que puedan ser investigadas de manera científica, para proponer formas

de abordar dichas cuestiones científicamente, y para evaluar si se han utilizado los procedimientos adecuados para investigarlas. Y la tercera es la capacidad para interpretar y evaluar datos y evidencias científicamente y para analizar si las conclusiones basadas en evidencias están justificadas (OECD, 2017). Esta visión de la competencia científica entraña con el concepto de *alfabetización científica* tanto en su definición como en su finalidad, ya que ambas pretenden alcanzar a la totalidad de los ciudadanos y no solamente a aquellos alumnos que desean continuar con estudios superiores científicos (Bybee, 1997; Pedrinaci, 2011).

Los argumentos a favor de una enseñanza de las ciencias basada en el desarrollo de la competencia/alfabetización científica para toda la ciudadanía emanan de las demandas de la sociedad actual. Así, tal como expone Sjøberg (1997), existen razones derivadas de la fuerte base científica y tecnológica de nuestro mundo que hacen necesario que los ciudadanos tengan los conocimientos y las capacidades adecuadas para poder comprenderlo y poder actuar mejor en él en su vida diaria. Igualmente importantes son los motivos relacionados con los grandes retos de nuestra sociedad a escala global, que en gran medida están ligados con la ciencia o con la tecnología de base científica, tales como el cambio climático y el uso de recursos energéticos, y que hacen deseable que el ejercicio responsable y democrático de la ciudadanía en lo que respecta a estos retos se fundamente en decisiones razonadas (Acevedo, 2004; Sjøberg, 1997). Afortunadamente, la alfabetización científica no solo es válida para que el ciudadano del siglo XXI afronte los grandes retos globales de naturaleza científico-tecnológica, sino que además le proporciona herramientas de pensamiento crítico, tales como cuestionar la validez de los argumentos o evaluar la credibilidad de las fuentes de información, para que pueda aproximarse de una forma más reflexiva a otras situaciones problemáticas no encuadradas estrictamente en el ámbito de la ciencia y la tecnología (Banet, 2011; Solbes, 2013).

1.2 Planteamiento del problema

Uno de los mayores desafíos que supone el enfoque competencial en la educación científica es el de una enseñanza que tiene como meta que el alumnado sea capaz de aplicar los conocimientos y destrezas adquiridos, y no solamente de memorizar conceptos y teorías (Jiménez-Aleixandre, Sanmartí y Couso, 2011). Este planteamiento ha de conllevar cambios profundos en el qué y en el cómo enseñar ciencias. Así, las propuestas y orientaciones sobre las metodologías a emplear, que beben de la investigación en didáctica de las ciencias experimentales, subrayan la

importancia de la realización de actividades y tareas que permitan que el alumnado pueda resolver situaciones problemáticas a través de la puesta en práctica de los conocimientos, destrezas y actitudes relativas a las ciencias. Además, estas situaciones deben enmarcarse en una variedad de contextos reales de manera que favorezcan la adquisición de aprendizajes más transferibles y duraderos (Jiménez-Aleixandre et al., 2011; Pedrinaci, 2011). Por otra parte, mucho se ha escrito ya respecto a la sobrecarga de los currículos de ciencias, y en particular del exceso de contenidos de corte teórico (conceptos, principios, teorías) que ha caracterizado a los recientes currículos de Biología y Geología para la enseñanza secundaria en nuestro país (Pedrinaci, 2011; Pedrinaci y Gil, 2011). Este desequilibrio en contra de los contenidos procedimentales y actitudinales dificulta el desarrollo de ciertas capacidades de la competencia científica relacionadas con la práctica de la ciencia y con la naturaleza de la ciencia y sus implicaciones sociales. Más aun, la sobrecarga y la descontextualización de los contenidos curriculares impiden que las estrategias metodológicas que permiten trabajar por competencias en el aula se puedan aplicar de forma óptima (Jiménez-Aleixandre et al., 2011).

Estos planteamientos respecto a los contenidos y a las metodologías didácticas del currículo de ciencias (y en concreto el de Biología y Geología) están doblemente justificados ya que no solo responden a la necesidad de desarrollar la competencia científica, sino que además están en la base de las recomendaciones del sonado Informe Rocard (European Commission, 2007) para conseguir un mayor interés de los jóvenes hacia el estudio de las ciencias. En particular, este informe propone el empleo de un enfoque didáctico centrado en la indagación en el aula en contraposición a los enfoques más tradicionales de enseñanza de las ciencias basados en la transmisión de contenidos.

De entre las diferentes metodologías encuadradas en la *enseñanza de las ciencias por indagación* cabe destacar la *enseñanza-aprendizaje por investigación dirigida* (también llamada enseñanza por investigación o aprendizaje como investigación). Como expone Gil (1993), este modelo de enseñanza plantea el aprendizaje como “el tratamiento (científico) de situaciones problemáticas abiertas de interés, a través de las cuales los alumnos puedan participar en la construcción de los conocimientos”. Más allá de la simple experimentación manipulativa, los aspectos esenciales de la actividad científica que se pueden integrar en esta estrategia didáctica van desde el estudio cualitativo de las situaciones problemáticas planteadas para acotar problemas precisos hasta el análisis de los resultados empleando el conocimiento teórico

disponible, pasando por la emisión de hipótesis y la elaboración y puesta en marcha de estrategias de resolución para la contrastación de las mismas, sin olvidar la comunicación de los resultados de la investigación (García y Martínez, 2011; Gil, 1993; Gil et al., 1999). Por tanto, el desarrollo integral de las distintas habilidades investigativas que se ponen un juego a través de la investigación dirigida en el aula es un excelente medio para alcanzar las diferentes capacidades que conforman la competencia científica.

García y Martínez (2011) analizan qué otros aspectos juegan a favor del empleo de esta metodología. Por un lado, la realización de investigaciones dirigidas en el aula facilita el conocimiento y la valoración de los procesos involucrados en la investigación científica, lo que conlleva a la adquisición de una perspectiva más adecuada de la ciencia. Por otro, esta estrategia metodológica promueve el desarrollo personal del alumnado, ya que les permite ganar autonomía y les proporciona la satisfacción que acarrea la resolución de situaciones problemáticas abiertas. Por último y como otras estrategias didácticas basadas en la indagación, el aprendizaje por investigación dirigida se considera motivador para los alumnos, no solo porque se trata de una metodología activa-participativa, sino porque parte de situaciones problemáticas que han de resultar atractivas y significativas para el alumno (García y Martínez, 2011).

Una vez presentados los argumentos que justifican el empleo de la enseñanza-aprendizaje por investigación dirigida, procederemos a explicar las razones por las que esta estrategia didáctica se conjuga con los contenidos sobre *historia geológica de la Tierra* en esta propuesta de intervención.

Uno de los detonantes que motivaron los análisis conducentes a la publicación del citado Informe Rocard sobre el creciente desinterés de los jóvenes europeos por las ciencias fue la paulatina pero preocupante disminución del número de estudiantes que optaban por las titulaciones universitarias de ciencias experimentales. En España, este descenso es especialmente significativo en el caso de las matriculaciones en las licenciaturas o grados de Geología pasando de 5779 estudiante matriculados en el curso académico 2000-2001 a 1913 en el 2017-2018 (MCIU, 2019). Las causas de este descenso son múltiples y en parte se deben al tratamiento que se hace de la geología en la educación secundaria. Entre estas causas, Calonge (2013) subraya el poco peso que tienen los contenidos geológicos en los libros de texto de educación secundaria, el hecho de que las asignaturas con contenidos geológicos sean optativas en el Bachillerato y el perfil del profesorado que imparte estas materias, que generalmente

carece de la formación adecuada en geología. Todo ello ha contribuido a que cada vez se imparten menos contenidos geológicos en la educación secundaria y, por consiguiente, al desinterés de los estudiantes por la geología (Calonge, 2013). A estas causas hay que sumar las dificultades propias de la enseñanza de esta disciplina en niveles pre-universitarios, algunas de ellas relacionadas con los preconceptos erróneos de los alumnos (por ejemplo sobre tiempo geológico) y otras con las complejidades características de esta materia (Sequeiros, Pedrinaci y Berjillos, 1996).

En respuesta a esta situación, desde diversas instancias se han emitido recomendaciones para actualizar los contenidos geológicos impartidos en secundaria, de manera que en ellos se resalten los temas de mayor interés social y económico y las vinculaciones del alumno con el entorno físico, así como para mejorar las estrategias didácticas empleadas en la enseñanza de la geología hacia fórmulas más activas y efectivas que motiven tanto a los alumnos como a los docentes (Calonge, 2013; Pedrinaci, 2014).

Así, en base a estas recomendaciones, nuestra propuesta de intervención integra una salida de campo, como recurso didáctico, en una investigación dirigida para trabajar los contenidos sobre historia geológica de la Tierra (concretados en la historia geológica del entorno local). En el contexto de esta propuesta la salida de campo está perfectamente justificada. Por un lado, “la Geología es una ciencia cuyo laboratorio se encuentra en el entorno” (Calonge, Fermeli, Meléndez y Martínez, 2014, p. 101), por lo que una investigación escolar sobre los contenidos geológicos mencionados que pretenda ser real debe incluir el trabajo de campo. Por otro lado, y tal como defiende García de la Torre (1991), la observación *in situ* de estratos, fósiles, fallas, pliegues y cortes geológicos facilita la asimilación de estos conceptos y de los procedimientos empleados para su interpretación y estudio, tales como el uso de mapas y la aplicación de los principios de la estratigrafía, lo que en conjunto ayuda a superar las dificultades asociadas a la comprensión de conceptos como tiempo geológico. Por último, una adecuada concepción de la salida de campo favorece el desarrollo de unas actitudes positivas del alumnado hacia su entorno más próximo, ayudándole a que pueda valorarlo y disfrutar de él (Calonge et al., 2014).

A pesar de que algunos de los contenidos que se trabajan en esta propuesta (estratigrafía, tabla de tiempo geológico, orogenias, fósiles guía, ambientes sedimentarios, etc.) suelen ser unos de los grandes olvidados en el currículo de la asignatura de Biología y Geología en Bachillerato, creemos que los mismos tienen un

gran potencial para: 1) ayudar a los alumnos a conseguir una visión global sobre cómo los procesos geológicos internos y externos han generado y modelado el relieve a lo largo de la historia de la Tierra, 2) favorecer el pensamiento analítico y el razonamiento lógico-deductivo de los alumnos a través de la interpretación de cortes geológicos, y 3) poner de manifiesto la riqueza de enclaves geológicos de interés que hay en nuestro país.

Además de los beneficios pedagógicos mencionados de la enseñanza-aprendizaje por investigación dirigida y de las salidas de campo, el desarrollo de estas metodologías también presenta dificultades de diverso origen las cuales han llevado que su implementación en las programaciones de Biología y Geología no haya alcanzado un grado satisfactorio, ya sea por la baja frecuencia con la que se emplean o por la idoneidad de los objetivos o de la secuencia didáctica a trabajar a través de dichas metodologías (Couso, 2014; García y Martínez, 2011; Pedrinaci, Sequeiros y García de la Torre, 1994). Esta propuesta de intervención pretende proporcionar un recurso que supere algunos de los obstáculos asociados al diseño y desarrollo efectivos de estas metodologías.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo de fin de máster es diseñar una propuesta de intervención en el aula para la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato basada en el modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación dirigida para favorecer la adquisición y desarrollo de la competencia científica de una forma integral.

1.3.2 Objetivos específicos

Este objetivo general se alcanzará a través del desarrollo de los siguientes objetivos específicos:

- Realizar un análisis de la importancia de la competencia/alfabetización científica para la ciudadanía del siglo XXI.
- Examinar las diferentes recomendaciones de la didáctica de las ciencias para fomentar el aprendizaje efectivo y duradero de esta competencia.

- Profundizar en los fundamentos teóricos, beneficios e inconvenientes de la enseñanza-aprendizaje por investigación dirigida.
- Examinar los motivos que han hecho que los alumnos pierdan interés en el estudio de la geología en educación secundaria y los tipos de propuestas para que recuperen dicho interés.
- Profundizar en los fundamentos teóricos, beneficios y problemática de las salidas de campo en la enseñanza de las ciencias naturales.
- Proponer una unidad didáctica innovadora que integre una investigación dirigida y una salida de campo para trabajar los contenidos del bloque *Historia de la Tierra* en la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato.
- Diseñar procedimientos de evaluación que permitan valorar si los alumnos alcanzan los objetivos y competencias planteadas en la propuesta didáctica y que permitan evaluar a la propuesta en sí.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Enseñanza-aprendizaje por investigación dirigida

2.1.1 Perspectiva histórica desde el aprendizaje por descubrimiento

La enseñanza de las disciplinas científicas en la educación básica ha ido evolucionando durante las últimas 6-7 décadas desde un enfoque tradicional dominado por la transmisión de contenidos fundamentalmente teóricos, fragmentados y descontextualizados por parte del docente, que ejercía un papel central en el proceso de enseñanza-aprendizaje, al alumno que actuaba como mero receptor de los mismos. Este modelo didáctico presenta importantes carencias, entre las que merecen subrayarse su incapacidad para proporcionar una visión ajustada de la naturaleza de las ciencias y la poca importancia concedida al aprendizaje de los procedimientos que sustentan la práctica científica (Gil, 1993; Porlán, 1998).

Debido a una serie de circunstancias políticas y económicas, a partir de los años 50 del siglo pasado, los países anglosajones pusieron en marcha un conjunto de iniciativas con el objetivo de incrementar el nivel de la formación científica de sus ciudadanos. A la luz de las mismas y en respuesta al enfoque tradicional de la

enseñanza de las ciencias, emergió un nuevo modelo conocido como *aprendizaje por descubrimiento*. En contraposición al enfoque basado en la transmisión-recepción, el aprendizaje por descubrimiento puso el foco en la actividad autónoma del alumno, de quien se pretendió que pudiese llegar a descubrir y a aprender por sí mismo principios, leyes y teorías científicas a través de la observación de fenómenos naturales y del empleo de un método científico fuertemente inductivo (García y Martínez, 2011; Gil, 1983; Gil, 1993; Porlán, 1998). Con todo ello se quiso que los alumnos tuvieran una percepción más realista del trabajo científico, de modo que tanto las ciencias como su aprendizaje les resultaran más interesantes (Gil, 1993). A pesar de estos fundamentos, el aprendizaje por descubrimiento no consiguió el éxito que se esperaba de él debido a una suma de factores intrínsecos y extrínsecos. Entre los primeros, Gil (1983) destaca la improbabilidad de que, de manera autónoma (es decir sin guía por parte del docente), los alumnos pudieran llegar a descifrar los complejos principios científicos ocultos tras los fenómenos naturales observables. A este aspecto del aprendizaje por descubrimiento, el citado autor añade que las actividades científicas empleadas en este modelo no son representativas del trabajo científico concebido de un modo global, ya que el uso de aproximaciones inductivas es solo una de las herramientas que los profesionales de la ciencia pueden utilizar para generar nuevo conocimiento. Del mismo modo, la poca atención concedida a los contenidos teóricos en el modelo por descubrimiento aleja a sus prácticas de las investigaciones científicas reales, que normalmente están dirigidas por un marco teórico (Gil, 1983). En definitiva, a pesar de que el objetivo fundamental del aprendizaje por descubrimiento fue el de aproximar la práctica científica al alumnado, el empleo de este modelo didáctico no alcanzó su finalidad al no partir de una visión del trabajo científico ajustada y actual (Gil, 1993).

Las críticas al modelo de aprendizaje por descubrimiento junto con una nueva serie de circunstancias políticas y sociales, tales como la pérdida de peso del cientifismo como guía del desarrollo económico, conllevaron que este modelo didáctico se fuese abandonando paulatinamente desde finales de los años 70 (Perales, 1998; Porlán, 1998). Durante el mismo periodo, la didáctica de las ciencias se vio enriquecida por las teorías constructivistas procedentes de la psicología del aprendizaje, lo que en conjunto propició un cambio de paradigma hacia lo que se ha venido denominando como *modelo constructivista* de la enseñanza de las ciencias (Gil, 1993; Gil et al., 1999; Porlán, 1998). Driver y Oldham (1986) resumen las principales aportaciones del constructivismo como teoría del aprendizaje a la didáctica de las ciencias de la siguiente manera:

- El proceso de aprendizaje implica la construcción activa de significados por parte del aprendiz.
- Todo aprendizaje está influenciado por los conocimientos previos que el que aprende posee.
- El aprendizaje consiste en la integración de los nuevos conocimientos en las estructuras conceptuales del aprendiz, lo que conlleva la evolución de las mismas.

El concepto de *conocimiento previo* ha tenido y sigue teniendo una gran influencia en el modelo constructivista de la enseñanza científica. De hecho, un gran número de estudios realizados durante los años 80 y 90 del siglo pasado pudieron comprobar que los alumnos desarrollan sus propias ideas para interpretar y explicar los fenómenos naturales antes de que reciban las enseñanzas oportunas sobre los referidos fenómenos en el medio escolar (Driver, 1988). Estas ideas previas se han denominado de diferentes maneras en la literatura (ideas intuitivas, preconcepciones, etc.) y generalmente difieren de forma importante con las explicaciones construidas por la ciencia para los mismos fenómenos (Driver, 1988; Perales, 1998). Las consecuencias fundamentales de la presencia de estos conocimientos previos en la mente del aprendiz son que dificultan la construcción de nuevos aprendizajes e impiden la resolución apropiada de problemas, ya que estas ideas previas pueden ser incompatibles con la integración de nuevos conocimientos y pueden proporcionar un marco conceptual, o incluso procedimental, no adecuado para la aproximación a la situación problemática a resolver (Perales, 1998).

En base a las influencias negativas de los conocimientos previos sobre el aprendizaje de las ciencias, a lo largo de la década de los 80, surgieron un conjunto de estrategias didácticas con un enfoque constructivista que básicamente estaban dirigidas a conseguir el cambio de los preconceptos erróneos que el alumno muestra por los conceptos científicos apropiados (Driver y Oldham, 1986; Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982). Tomando como referencia las anteriores citas, Gil (1993) enumera de forma resumida las fases de lo que vino a llamarse estrategia de enseñanza para un aprendizaje de las ciencias como *cambio conceptual*:

- Explicitación de las preconcepciones científicas de los alumnos.
- Reestructuración de las ideas mediante exposición de los alumnos a situaciones de conflicto cognitivo.
- Introducción y construcción de nuevas ideas que se correspondan a las validadas por la ciencia.

- Aplicación de las nuevas ideas en diferentes contextos.

El éxito de las estrategias basadas en el cambio conceptual se ha visto reflejado en numerosos trabajos de investigación en el aula. No obstante, la literatura también muestra ejemplos de preconceptos que son particularmente recalcitrantes en contra de la instrucción, tanto si esta se basa en el cambio conceptual como si no (Gil, 1993). Entre estos se encontraría la idea de tiempo geológico (Hidalgo y Otero, 2004; Sequeiros et al., 1996).

Una profunda reflexión sobre las causas que impiden la evolución de ciertas preconcepciones erróneas ha permitido elaborar una crítica al modelo por cambio conceptual fundamentada en dos aspectos (Gil, 1993). En primer lugar, el mencionado autor defiende que la falta de atención a las formas de razonamiento que sostienen los preconceptos erróneos ha dificultado que las estrategias basadas en el cambio conceptual hayan podido ser más eficaces (Gil, 1993). Estos modos de pensar de los alumnos, que se caracterizan por ser espontáneos y por estar basados en el sentido común, no son compatibles con el aprendizaje de ciertos conceptos científicos (UNIR, 2018a). Basándose en la similitud entre las preconcepciones de los alumnos y las concepciones históricas precientíficas, Gil y Carrascosa (1985) proponen que del mismo modo que las concepciones precientíficas pudieron evolucionar debido a un cambio en la metodología científica, que comenzó a incluir elementos tales como la emisión de hipótesis y su contrastación bajo condiciones controladas, cabría esperar que el cambio conceptual en los alumnos fuese más eficaz si viniese acompañado por un cambio metodológico. Es decir, si la instrucción en la enseñanza por cambio conceptual favoreciese que el razonamiento basado en el sentido común fuese sustituido por un razonamiento de carácter formal que emplease los elementos ya citados de la práctica científica actual (Gil, 1993; Gil y Carrascosa, 1985).

El segundo aspecto que constituye la crítica del autor de referencia al modelo por cambio conceptual se refiere a la necesidad de que el docente recurra al *conflicto cognitivo* tras haber pedido al alumno que exponga sus ideas. Y así en múltiples ocasiones, tantas como conceptos científicos sean requeridos introducir mediante cambio conceptual. Gil (1993) sugiere que la repetición de este tipo de práctica, en la que se pone de manifiesto la insuficiencia del pensamiento del alumno para interpretar y explicar fenómenos naturales de forma científica, puede producir la inhibición del mismo y su rechazo hacia esas actividades didácticas. Así, sería más conveniente que el cambio conceptual no fuese planteado por una fuente externa, sino

que surgiese como una necesidad implícita durante el proceso de aprendizaje del alumno (Gil, 1993).

2.1.2 Fundamentos del modelo por investigación dirigida

A partir de las críticas hacia los modelos por descubrimiento y por cambio conceptual expuestas por Daniel Gil (Universitat de València) en sus trabajos y, sobre todo, considerando los aportes más actuales de la historia y epistemología de las ciencias, el citado autor lideró durante los años 80 y 90 el desarrollo de un modelo de enseñanza de las ciencias más cercano a la práctica científica actual, que se ha denominado *enseñanza-aprendizaje por investigación dirigida* (también llamado enseñanza como investigación, aprendizaje por investigación, o metodología de resolución de problemas como investigación). Las nuevas concepciones sobre la naturaleza de las ciencias y la metodología científica que fundamentan este modelo son las siguientes (Gil, 1993; Rosa, 2016):

- Más allá del empirismo y de una visión inductivista del método científico, el trabajo científico se integra en un marco teórico y contribuye a la construcción o evolución del mismo.
- Las investigaciones científicas tratan de responder a situaciones problemáticas en las que se prima su relevancia para la sociedad y que han de ser concretadas a modo de problemas más precisos para que puedan ser sustrato de las investigaciones.
- No existe *un* método científico infalible que se pueda aplicar de manera automática para resolver estos problemas. Por el contrario, la creatividad, en forma de emisión de hipótesis y de diseño experimental, juega un papel muy importante en el trabajo científico.
- Las hipótesis iniciales orientan la experimentación que permite ponerlas a prueba. En base a los resultados de esta experimentación, las hipótesis de partida pueden evolucionar. De manera similar, las interpretaciones de los resultados, las cuales permiten establecer modelos explicativos más o menos coherentes con el conjunto del marco teórico de referencia, también son revisables desde nuevas perspectivas. En definitiva, estos elementos facilitan que el marco teórico que sustenta el trabajo científico pueda avanzar.
- El conocimiento científico es una construcción social en la que el esfuerzo colectivo de los grupos de investigación y la contrastación de ideas entre grupos y *escuelas* es fundamental para el avance de un área científica.

- En el desarrollo de los trabajos de investigación se tienen en cuenta las posibles aplicaciones futuras de los resultados de las investigaciones, así como las implicaciones negativas que estos puedan acarrear.

En base a estos fundamentos, el modelo de *enseñanza-aprendizaje por investigación dirigida* propone “el aprendizaje como el tratamiento (científico) de situaciones problemáticas abiertas que los alumnos puedan considerar de interés” (Gil, 1993, p. 203). En este sentido, el modelo por investigación dirigida se encuadra dentro de las metodologías de enseñanza de las ciencias basadas en la indagación y más concretamente entre las enseñanzas basadas en la resolución de problemas (Rosa, 2016). El modelo por investigación dirigida enfatiza en las siguientes estrategias de enseñanza (Gil, 1993; Gil et al., 1999):

- Plantear situaciones problemáticas que sean relevantes para los alumnos atendiendo a sus intereses, de modo que la resolución de la tarea tenga un punto de partida estimulante y motivador.
- Proponer a los alumnos el análisis cualitativo de las situaciones planteadas para que, con la ayuda de la información obtenida a través de búsquedas bibliográficas, las puedan transformar en el objeto de una investigación.
- Proporcionar orientación a los estudiantes en el tratamiento científico de los problemas a resolver. A su vez, este tratamiento se concreta en el planteamiento de hipótesis, el diseño de estrategias de resolución (que pueden incluir la realización de experimentos) para poner a prueba dichas hipótesis, la ejecución de estas estrategias de resolución y, finalmente, el análisis en base a las hipótesis de partida de los resultados obtenidos así como la confrontación de estos resultados y sus interpretaciones con los presentados por otros grupos de alumnos y con los existentes en la bibliografía, lo cual puede conllevar el replanteamiento de las hipótesis de partida.
- Posibilitar que los alumnos empleen los conocimientos generados a través de este proceso en contextos diferentes, y en particular en aquellos relacionados con las influencias recíprocas entre ciencia, tecnología y sociedad, con el fin de facilitar el afianzamiento de los conocimientos científicos adquiridos por los estudiantes y la toma de decisiones con respecto a las implicaciones positivas o negativas que los resultados de la investigación puedan tener en un contexto más global.
- Promover la realización de actividades de síntesis y la elaboración de productos en los que se muestre que los conocimientos generados se integran

de forma coherente en un cuerpo de conocimientos mayor asociado a un área científica.

En conjunto, estas estrategias de enseñanza pueden favorecer el cambio conceptual sin que este represente una exigencia por parte del docente sino una consecuencia más del tratamiento científico de la situación problemática. Así, las ideas previas de los alumnos pueden explicitarse cuando tratan de acotar el problema a investigar y en el momento en el que emiten las hipótesis iniciales. Posteriormente, la contrastación que implica enfrentar estas hipótesis de partida basadas en las ideas previas de los alumnos con los resultados obtenidos por ellos mismos o por otros grupos de alumnos y con el conocimiento ya acumulado por la comunidad científica sobre el problema en cuestión puede suponer una situación de conflicto cognitivo que favorezca la evolución de los esquemas de los estudiantes hacia visiones más científicas (Gil, 1993; Gil et al., 1999). Del mismo modo, la inclusión en estas estrategias de enseñanza de elementos procedentes de la actual metodología científica, así como la toma en cuenta de la contextualización del trabajo científico y de componentes afectivos permiten promover un cambio en los modos de pensar de los alumnos y en las actitudes de los mismos hacia la ciencia y su aprendizaje (Gil, 1993; Gil y Carrascosa, 1985). En definitiva, “el aprendizaje de las ciencias es concebido así no como un simple cambio conceptual, sino como un cambio a la vez conceptual, metodológico y actitudinal” (Gil, 1993, p. 203).

Como puede apreciarse según este planteamiento, los alumnos no construyen sus conocimientos autónomamente como investigadores aislados tal como proponía el modelo por descubrimiento. Por el contrario, se puede considerar que los alumnos actúan como *investigadores noveles* agrupados en equipos dirigidos por el docente que representa el papel de *director de investigaciones* y que, por tanto, debe tener un dominio del campo de investigación en cuestión. Así, el trabajo de cada equipo se beneficia del intercambio de ideas entre ellos y con el resto de la comunidad científica, que está representada en la bibliografía y en los conocimientos del docente (Gil, 1993; Gil et al., 1999). Teniendo en cuenta la *teoría de la zona de desarrollo próximo* de Vygotsky (1978), las interacciones sociales con el docente y con iguales más capaces posibilitadas mediante la organización del trabajo en equipos facilitan la adquisición de aprendizajes. Por otra parte, desde la perspectiva del *aprendizaje cooperativo* existen numerosas razones a favor del trabajo en grupos cooperativos en situaciones de aprendizaje, tales como el incremento de la participación y de la motivación, el

desarrollo de destrezas sociales, y el fomento del pensamiento divergente y de la creatividad (Johnson y Johnson, 1999).

En base a estos fundamentos teóricos, Gil (1993) afirma que este modelo de enseñanza de las ciencias “puede calificarse de *radicalmente constructivista*, en el sentido de que contempla una participación efectiva de los alumnos en la construcción de los conocimientos y no la simple reconstrucción subjetiva de los conocimientos proporcionados por el profesor o los textos” (p. 203). El enfoque que sustenta este modelo de enseñanza, basado en el acercamiento del modo por el que los alumnos construyen sus conocimientos científicos al modo por el que los propios científicos generan el conocimiento, ha sido defendido por otros autores en trabajos coetáneos a los del profesor Gil, entre los que cabe destacar a Hodson (1988) y a Burbules y Linn (1991). Por su parte, la eficacia de este método de enseñanza no solo ha sido reflejada en estudios firmados por el grupo de Daniel Gil, sino que existe un volumen significativo de literatura que demuestra que este es un método eficaz tanto para promover el aprendizaje de conceptos como para favorecer la adquisición y aplicación de los procedimientos del trabajo científico e incrementar el interés hacia las ciencias y su aprendizaje, y todo ello en el contexto de la enseñanza de la mayor parte de las disciplinas científicas en la educación secundaria —desde la física a la biología— (Gil y Martínez-Torregrosa, 1986; Ibáñez, 2004; Ramírez, Gil y Martínez-Torregrosa, 1994; Reyes, 1992; Rosa, 2016; Varela y Martínez-Aznar, 1997).

Aunque el desarrollo del modelo por investigación dirigida en el aula no sigue un esquema cerrado, sí que se basa en las estrategias de enseñanza presentadas anteriormente en este apartado las cuales se secuencian, a modo general, según la lógica que dirige el trabajo científico (Gil, 1993; Martínez-Torregrosa, Domènec, Menargues y Romo, 2012). Así, se pueden distinguir diferentes fases en el desarrollo de esta metodología didáctica en el aula que se corresponden, no sorprendentemente, con las habilidades, destrezas y valores que integran la competencia científica, tanto en la forma con la que se articulan en la definición empleada en la normativa estatal vigente como en la del programa PISA 2015 mencionada anteriormente (Rosa, 2016). En la figura 1 se presenta el esquema general de una investigación dirigida en el que se subraya la correspondencia entre las fases de la investigación en el aula y los diferentes elementos de la competencia científica poniéndose de manifiesto la idoneidad de este método de enseñanza para el desarrollo de esta competencia clave de una manera integral.

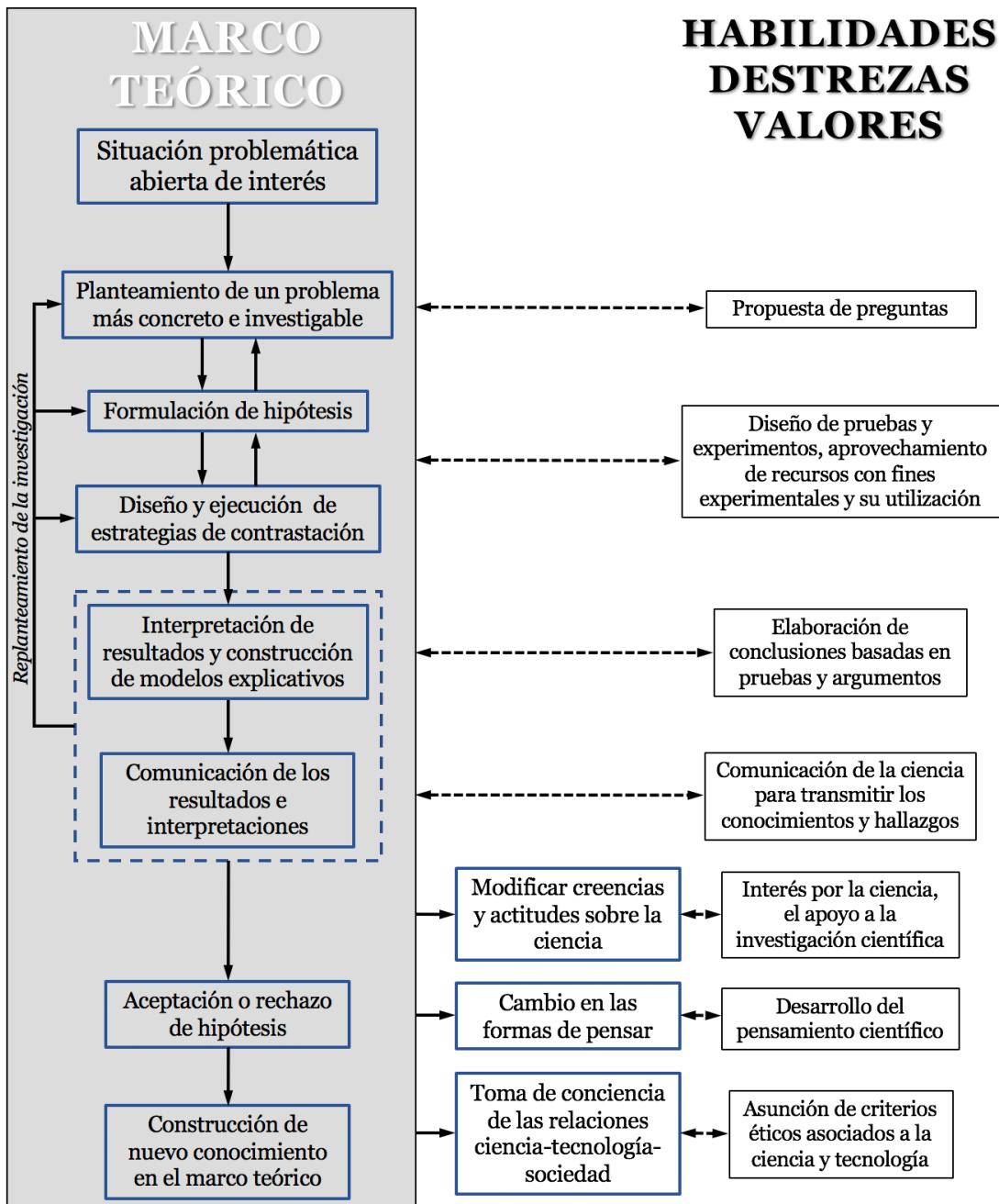


Figura 1. A la izquierda se presenta un diagrama esquemático de las etapas de una investigación escolar dirigida que trate de responder a una situación problemática de interés. Nótese que se indica que la investigación ha de estar guiada por un marco teórico de referencia. Los diferentes elementos de la competencia científica que se desarrollan a través de una investigación escolar dirigida se muestran en la columna de la derecha y en relación con etapas concretas de la investigación. Fuente: elaboración propia a partir de Gil (1993) y de la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero.

La enseñanza de las ciencias basada en la indagación acoge diferentes metodologías didácticas que pueden clasificarse atendiendo a distintos parámetros. Considerando el grado de dirección que el docente proporciona a los alumnos, Bell, Smetana y Binns (2005) presentan cuatro niveles de indagaciones que van desde la confirmación hasta la indagación abierta. En aquellas propuestas que se puedan considerar como

confirmaciones, el profesor proporciona el problema concreto a indagar y los diferentes elementos del procedimiento investigativo, mientras que los resultados de la indagación son conocidos por todas las partes. En una *indagación abierta*, el docente simplemente indica la temática general en la que se encuadra la investigación, siendo los alumnos los que plantean las preguntas a abordar, diseñan la estrategia de resolución, obtienen e interpretan los resultados y sacan sus propias conclusiones. En esta clasificación en cuatro niveles, las secuencias didácticas basadas en el modelo por investigación dirigida atenderían, en principio, a un nivel de autonomía del alumnado inferior al de indagación abierta. En este nivel, denominado como de *indagación guiada*, el docente indica una situación problemática general (con la particularidad de que esta ha de ser relevante para los alumnos) y proporciona orientación a los estudiantes para que ellos naveguen a través de la ruta presentada en la figura 1. Es decir, para que los planteamientos de los alumnos respondan tanto al contexto teórico en el que se enmarca la situación problemática como a las características del trabajo científico (Bell, Smetana y Binns, 2005).

Más allá de esta clasificación general, existe una serie de factores que condicionan el grado concreto de orientación que los alumnos han de recibir en cada una de las fases de un aprendizaje por investigación dirigida. Entre estos factores se pueden incluir la accesibilidad del marco teórico, la necesidad o no de diseñar y realizar experimentos en los que se controlen variables, la relevancia del problema tratado para los alumnos, el grado de madurez de los alumnos, el tipo de ideas previas de los estudiantes, la familiaridad de los alumnos y del docente con este modelo de enseñanza, y la disponibilidad de materiales y recursos didácticos que favorezcan que los estudiantes desarrollen exitosamente el programa de investigación de la forma más autónoma posible (García y Martínez, 2011).

2.1.3 Cambio en los roles de los alumnos y del docente

La amplitud de la transformación que requiere la implementación en el aula de la enseñanza de las ciencias basada en el modelo por investigación dirigida va más allá de los cambios en las actividades de aprendizaje afectando también a las responsabilidades y actitudes que deben mantener los alumnos y profesores. Así, los alumnos deben interpretar el papel de investigadores noveles, lo que exige de su parte un importante grado de compromiso para participar de manera activa en cada una de las etapas que conforman la investigación. De esta manera, tienen que poner en juego y potenciar su lado más creativo, pragmático, analítico, reflexivo, comunicativo,

argumentativo y cooperativo. Esto puede suponer un obstáculo importante si los alumnos no están familiarizados con este tipo de metodologías de carácter indagativo.

Por su parte, el docente tiene que diseñar y concretar una secuencia didáctica que permita desarrollar las virtudes del modelo de enseñanza por investigación dirigida. García y Martínez (2011) recapitulan algunos de los aspectos más importantes a tener en cuenta en este diseño. Así, es fundamental que el docente seleccione una situación problemática de partida adecuada en cuanto al contexto, ya que ni todas las situaciones problemáticas pueden resultar relevantes y motivadoras para los alumnos, ni todos los binomios problema-marco teórico son abordables mediante una investigación realizada por alumnos de educación secundaria. Igualmente importante es el diseño de la secuencia de actividades a través de la cual se puedan trabajar los elementos de la investigación escolar mencionados anteriormente con la finalidad de alcanzar el triple cambio conceptual, metodológico y actitudinal en los alumnos. Para ello, es fundamental que el cuerpo de conocimientos científicos que actúe como marco de referencia de la investigación sea tenido en cuenta en la planificación de cada una de las etapas de la investigación. El docente ha de procurar también que, al final del proceso, el alumno sea consciente de las nuevas herramientas cognitivas que ha adquirido y de que las puede emplear en nuevos contextos.

Por otro lado, el docente ha de actuar como director de investigaciones. Esto quiere decir que no solo ha de poseer los conocimientos teóricos y procedimentales relevantes, sino que debe ser competente para movilizar adecuadamente una serie de estrategias y recursos que en última instancia conlleven la construcción de aprendizajes por parte de los alumnos. En la práctica, esta adecuación consiste en aplicar el grado de dirección adecuado en el momento preciso para re conducir aquellas investigaciones escolares que estén condenadas a resultar no productivas en términos de aprendizajes. La guía proporcionada por el docente no ha de ser necesariamente verbal y directa de modo que, en ciertas ocasiones, puede ser conseguida a través del intercambio de ideas entre grupos de alumnos o del empleo de algún recurso didáctico que permita activar los conceptos o elementos procedimentales desconocidos o ignorados por el alumnado (García y Martínez, 2011). Para poder brindar el nivel óptimo de dirección en cada momento, el docente ha de conocer casi permanentemente el estado de la investigación de cada grupo de alumnos. Gil (1993) propone que la puesta en común a la finalización de cada actividad es una estrategia adecuada para poder valorar frecuentemente los avances y obstáculos de cada grupo de investigación, así como para recoger las aportaciones más

relevantes y completarlas con información adicional permitiendo a los alumnos afrontar de una forma significativa la siguiente fase en la investigación. Por otra parte, el profesor debe contribuir sutilmente a que las hipótesis e interpretaciones de resultados emitidas por los alumnos sean mínimamente coherentes con el marco teórico de referencia sin desvelar anticipadamente la resolución del problema investigado y respetando las preconcepciones de los estudiantes. Por último, el docente debe ser cuidadoso a la hora de organizar a los alumnos en grupos de trabajo para evitar que los ritmos de aprendizaje entre grupos sean dispares y debe convertirse en un buen dinamizador del aula para ayudar a los estudiantes-investigadores a mantener el nivel de compromiso y esfuerzo requerido en este modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

2.1.4 Beneficios y dificultades asociados al modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación dirigida

En una reciente revisión sobre esta metodología de enseñanza, García y Martínez (2011) exponen los principales inconvenientes que pueden limitar su implementación en el aula confrontándolos con los beneficios que puede conllevar si se planifica y desarrolla de una manera crítica. Así, la falta de familiaridad que tanto el docente como el alumnado puedan tener con los procedimientos del trabajo científico representa un claro problema. No obstante, hay que considerar que las destrezas, habilidades y valores movilizados a través del empleo de investigaciones en el aula son no solo deseables en la *mochila* de los alumnos (y de los docentes) sino que además forman parte del currículo oficial de las disciplinas científicas en la educación secundaria. Por otra parte, el aprendizaje de conceptos mediante este modelo de enseñanza probablemente requiera más tiempo, tanto en términos de planificación y elaboración de recursos didácticos como en cuanto al número de sesiones, que a través del empleo de metodologías basadas en la exposición verbal por parte del docente. Sin embargo, el tiempo adicional invertido en la adquisición de nuevos saberes y en la apropiación de los métodos del trabajo científico podrá resultar rentable a medio plazo tanto al alumno como al profesor, ya que estas habilidades investigativas permitirán enfocar los aprendizajes futuros de una forma más profunda y afrontar con mayor garantía de éxito la resolución de problemas complejos (García y Martínez, 2011). Otro aspecto que puede suponer un obstáculo en el desarrollo de secuencias didácticas basadas en este modelo es el relativamente elevado nivel de esfuerzo y compromiso que han de mantener docente y alumnos. La contrapartida a esta limitación es la ruptura con el clima de aula típico de las metodologías de enseñanza

más tradicionales, lo que habitualmente conlleva un mayor grado de motivación por parte del alumnado. Dicha motivación estará sostenida por la relevancia para los alumnos del problema a investigar y por el nivel y tipo de ayuda que el docente les proporcione (García y Martínez, 2011). Entre los elementos que exigen una mayor dedicación por parte del docente está la evaluación. Así, en el contexto de la enseñanza por investigación dirigida, la evaluación solo tiene sentido si es continua y formativa, ya que a través de la valoración diaria de los aprendizajes y la consiguiente retroalimentación proporcionada a los alumnos se maximiza el logro de los beneficios asociados a este modelo de enseñanza.

2.2 La salida de campo como recurso didáctico

Una de las actividades fundamentales en el desarrollo de investigaciones científicas en el aula es la observación de fenómenos naturales. Este tipo de actividad puede tener como fin, entre otras posibilidades, la medida de variables y obtención de datos que permitan la interpretación de dichos fenómenos en el marco de la contrastación de hipótesis respecto a la naturaleza del fenómeno en cuestión. La observación de los fenómenos relacionados con buena parte de los contenidos curriculares de las disciplinas científicas en la educación secundaria se puede realizar en el laboratorio de ciencias del centro educativo. Sin embargo, la observación de muchos fenómenos geológicos ha de realizarse idealmente en el entorno. De esta manera, las investigaciones escolares que integren ciertos contenidos de geología pueden beneficiarse de la inclusión en las mismas de actividades prácticas en el entorno.

2.2.1 Finalidades y clasificación de las salidas de campo

Más allá de su categorización como estrategia didáctica o como recurso didáctico, Tal y Morag (2009) describen las *salidas de campo* como aquellas actividades organizadas por la escuela y con finalidad educativa en las que se proporcionan experiencias a los alumnos en un escenario de interacción con el entorno (Aguilera, 2018). Las salidas de campo pueden considerarse como un tipo de trabajo práctico más de entre los empleados en la enseñanza de las ciencias. Como tales trabajos prácticos, en este caso en el entorno, Caamaño (2003) subraya su relevancia para la enseñanza de las disciplinas científicas en base a que a través de ellos los alumnos pueden obtener experiencias vivenciales de fenómenos naturales, lo cual puede complementar la enseñanza de tipo más teórico para favorecer en última instancia el aprendizaje de conceptos y principios. Por otra parte, este autor expone que los

trabajos prácticos pueden ser útiles para proporcionar un acercamiento a los procedimientos del trabajo científico, tales como la observación y estudio de variables que afectan a un fenómeno permitiendo su interpretación, la ejecución de experimentos para verificar o falsar hipótesis y el empleo de técnicas de obtención y preparación de muestras y de medida de diferentes variables incluyendo la manipulación de material técnico (Caamaño, 2003). Por último, el autor resalta la dimensión motivadora de las actividades prácticas junto con la posibilidad que ofrecen de mejorar las actitudes hacia las ciencias y su aprendizaje, así como de constituir un marco para implementar el aprendizaje cooperativo (Caamaño, 2003).

Además de estas finalidades generales de los trabajos prácticos, las salidas de campo al ofrecer una interacción con el entorno pueden específicamente facilitar la comprensión del medio más cercano al alumno, y en particular del paisaje, y de cómo los diferentes elementos que constituyen este medio —sin olvidar el factor antrópico— interaccionan entre sí y evolucionan conjuntamente en el tiempo. Del mismo modo, las salidas de campo deben contribuir también a incrementar la curiosidad de los alumnos hacia su entorno más próximo como medio de disfrute y de aprendizajes informales, así como fomentar la puesta en valor del patrimonio natural y la toma de conciencia de la necesidad de protegerlo a través de actitudes ambientalistas (Del Carmen y Pedrinaci, 1997; García de la Torre, 1991).

Considerando el valor de los objetivos que se pueden alcanzar a través de las salidas de campo, no es de extrañar que sean una herramienta sobre la que existe muy buena percepción entre el profesorado de ciencias. De hecho, existe una amplia bibliografía basada en investigaciones sobre las salidas de campo que demuestra que su empleo tiene un impacto positivo en las actitudes del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencias y en la visión que este tiene sobre las ciencias, así como en la adquisición de conocimientos y su transferencia a nuevos contextos (Aguilera, 2018).

Respecto a los diferentes tipos de salidas de campo que se pueden emplear, Del Carmen y Pedrinaci (1997) presentan una clasificación de los trabajos prácticos en el campo atendiendo a distintos criterios. De esta manera, según la relevancia que tenga la salida de campo para el desarrollo de los contenidos curriculares se puede distinguir entre actividades en el entorno que no estén integradas en propuestas educativas para trabajar contenidos, salidas de campo que permitan ilustrar fenómenos naturales explicados en el centro escolar o salidas de campo planificadas para ser el eje sobre el que gira una propuesta para el aprendizaje de una serie de contenidos (Del Carmen y

Pedrinaci, 1997). Atendiendo al lugar que ocupen en el desarrollo de la secuencia didáctica en la que se integran, las actividades de campo se pueden considerar como: salidas de iniciación, si a través de ellas se pretende estimular el interés de los estudiantes o que estos expliciten preconcepciones relevantes; salidas de reestructuración, cuando favorecen el cambio conceptual o metodológico; o salidas de síntesis o aplicación, si con ellas se trata de establecer conexiones entre los conocimientos adquiridos en la secuencia o de transferir dichos conocimientos a otros ámbitos (Del Carmen y Pedrinaci, 1997).

Considerando el enfoque metodológico empleado en el desarrollo de la salida de campo, Del Carmen y Pedrinaci (1997) diferencian cuatro categorías. Así, en las actividades en el entorno que responden al modelo didáctico por transmisión-recepción, los estudiantes son meros observadores de lo que les señala y explica el docente. Por su parte, aquellas salidas que se inspiran en el aprendizaje por descubrimiento dan una gran autonomía a los alumnos para decidir de qué forma interaccionan con el medio, siendo la función del docente la de proporcionar unas indicaciones generales respecto a dónde y cómo realizar la actividad. Aunque el empleo de este tipo de enfoque en las salidas al entorno difícilmente conlleva la adquisición estructurada de conocimientos, sí que es útil para que el docente pueda hacerse una idea sobre las habilidades de captación de información relevante del entorno que tengan los alumnos y sobre las concepciones previas de estos (UNIR, 2018b). En la tercera categoría se incluyen las salidas cuidadosamente planificadas por el docente a través de la elaboración de una guía en la que se orienta a los alumnos respecto a los lugares y a la forma en la que deben obtener información sobre el entorno para abordar una serie de interrogantes también planteados por el profesor. Al igual que en las salidas enfocadas según el modelo de enseñanza más tradicional, en este tercer tipo de salidas los alumnos no participan en la planificación de las mismas lo que reduce la posibilidad de que puedan construir aprendizajes significativos (Del Carmen y Pedrinaci, 1997; Pedrinaci, 2012). Por último, las salidas de campo se pueden diseñar para integrarse en el tratamiento de problemas de interés a través de investigaciones escolares. En este sentido, todas las consideraciones expuestas en la sección sobre el modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación dirigida son también válidas en este contexto incluyendo los roles desempeñados por los alumnos y el docente. Las salidas al entorno de este tipo se estructuran en tres fases: una fase inicial, en el aula, en la que el docente presenta el problema y los alumnos organizados en grupos de trabajo emiten hipótesis explicativas y planifican la estrategia de resolución, la cual incluye la salida; una fase intermedia que además

de la visita al entorno puede necesitar de otras actividades prácticas o teóricas; y una fase final, de nuevo en el aula, en la que se analizan los resultados para contrastar las hipótesis de partida y se comunican las conclusiones (Del Carmen y Pedrinaci, 1997; García de la Torre, 1991; UNIR, 2018b).

2.2.2 Consideraciones en el diseño de las salidas de campo y limitaciones asociadas a su desarrollo

Las investigaciones sobre las salidas de campo han puesto de relieve aquellos factores que inciden en la calidad educativa de las salidas al entorno (Aguilera, 2018). De modo general, las conclusiones de estas investigaciones y las recomendaciones de los expertos en la materia subrayan que: la salida de campo ha de ser parte integral de una secuencia didáctica existiendo una continuidad entre las actividades de aula y la salida; debe tratar de alcanzar unos objetivos asumibles y conocidos por los alumnos; debe implicar una serie de actividades que no podrían realizarse sin visitar el entorno; y es deseable que los alumnos participen en la planificación de las salidas (Hernández-Arnedo, 2011).

En aquellos casos en los que las salidas de campo estén integradas en una secuencia didáctica que conforme una investigación dirigida para abordar una situación problemática se debe tener en cuenta que las actividades realizadas en el aula antes y después de la salida han de contribuir también a alcanzar las finalidades educativas de la visita al entorno. Así, entre las actividades previas se pueden incluir la visualización de imágenes y vídeos relacionados con el objeto de la investigación, la realización de lluvias de ideas o la resolución de problemas de papel y lápiz que ayuden a activar los conocimientos conceptuales y metodológicos necesarios para acotar la situación problemática y plantear hipótesis iniciales, la familiarización con los procedimientos de observación y recogida de datos, el estudio de mapas de la zona que se va a visitar, la búsqueda de información bibliográfica en internet, la elaboración por parte de los alumnos de la guía para la salida incluyendo la localización de las paradas, etc. Por su parte, las actividades posteriores a la salida pueden centrarse en el análisis de las muestras recogidas, la obtención de información complementaria en internet, la realización de debates que permitan la contrastación argumentada de las interpretaciones sobre los resultados obtenidos, la construcción de modelos explicativos dentro del marco teórico de referencia y la elaboración de productos de síntesis y su comunicación (García de la Torre, 1991; Pedrinaci, 2012).

Además de las consideraciones generales mencionadas anteriormente, Del Carmen y Pedrinaci (1997) exponen una serie de factores sobre los que es necesario reflexionar a la hora de seleccionar el entorno concreto en el que se va a realizar la salida de campo. Estos factores incluyen la idoneidad para articular el aprendizaje de contenidos curriculares y para alcanzar los objetivos didácticos planteados, el tiempo disponible para realizar la salida incluyendo el desplazamiento desde y hasta el centro educativo, la distancia entre el centro y el entorno en el que se desarrolla la salida, el presupuesto requerido para la actividad, la familiaridad que el docente tenga con los emplazamientos en los que se realiza la salida y la autonomía y la seguridad con la que los estudiantes puedan desenvolverse en el entorno (Del Carmen y Pedrinaci, 1997).

A pesar del potencial didáctico que tienen las salidas de campo, existe un conjunto de elementos que limitan su aplicación más generalizada y que aparecen de manera reiterada en las investigaciones al respecto. Entre estos elementos, Pedrinaci (2012) destaca los siguientes:

- La alteración del horario lectivo, no solo para los alumnos que realizan la salida sino para aquellos que se ven afectados indirectamente, al ser habitualmente necesario que más de un docente participe en la supervisión de la salida de campo.
- El relativamente alto número de estudiantes a cargo de cada docente durante la salida.
- Relacionados con estos dos motivos, la poca flexibilidad en el funcionamiento de los centros escolares y el reducido nivel de implicación de la administración educativa en la organización de este tipo de actividades.
- La falta de materiales de apoyo accesibles al nivel general de conocimientos de los estudiantes de educación secundaria.
- La escasez de tiempo de los docentes para diseñar y organizar adecuadamente una salida de campo.
- Los peligros potenciales asociados a las salidas al entorno y la responsabilidad de tipo civil que los profesores tienen sobre cualquier daño que los alumnos pudieran sufrir.

3 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

3.1 Presentación de la propuesta

Tras presentar los motivos que justifican esta intervención educativa, así como los fundamentos teóricos de los dos elementos metodológicos que se pretenden movilizar en ella, se expone a continuación una propuesta de intervención que facilite la apropiación por parte de los alumnos de habilidades y destrezas propias del trabajo científico y que mejore las actitudes del alumnado hacia las ciencias, y en particular hacia la geología, y sus aprendizajes. Para ello, se propone una investigación escolar guiada en la que los alumnos trabajen los contenidos incluidos en el Bloque 9 *Historia de la Tierra* de la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato según dispone el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre. Esta investigación integra una salida al entorno más próximo para que los estudiantes puedan, a través de la observación y recogida de información, resolver algunas de las necesidades que se planteen en la primera fase de la indagación.

La investigación partirá de la siguiente pregunta: ***¿Cómo crees que se han originado los terrenos sobre los que descansa la ciudad de Córdoba?*** La fisonomía geomorfológica de la ciudad de Córdoba tiene varios componentes claramente diferenciados y que son bien conocidos por todos sus ciudadanos porque, en cierta medida, tienen que interaccionar con estos elementos geomorfológicos en su vida cotidiana. Utilizando esta pregunta como detonante y aprovechando la riqueza geológica presente y accesible en el mismo término municipal de Córdoba, los alumnos organizados en pequeños grupos se embarcarán en una investigación que incluya la formulación de preguntas que orienten la indagación, el planteamiento de alternativas sobre sus posibles respuestas fundamentadas en el conocimiento teórico que ya deban poseer, el diseño de una estrategia de resolución que incluya una excursión al medio, así como la discusión de resultados y su interpretación en forma de un modelo explicativo acorde —en mayor o menor medida— con los contenidos tratados a lo largo de la asignatura.

Para llevar a cabo esta investigación, se han secuenciado una serie de actividades de carácter variado que pretenden guiar a los grupos de trabajo a través de las diferentes fases de la investigación, de manera que ayuden a mantener un cierto rigor en los planteamientos de los alumnos y a profundizar en los conocimientos conceptuales y procedimentales que van a necesitar para resolver la pregunta inicial. Un aspecto

importante que se ha tenido en cuenta en la planificación de la secuencia de actividades es que debe evitar que el problema de partida se resuelva anticipadamente, de modo que los alumnos no tengan la posibilidad de completar todas las fases de la investigación. Por otro lado, la estimulación del dialogo de aula por parte del docente será fundamental para enriquecer la perspectiva del alumnado y facilitar su adecuado progreso a lo largo de la investigación.

De manera resumida, los alumnos deberán tomar conciencia de la existencia de varias unidades geomorfológicas en el entorno más próximo de la ciudad de Córdoba y tratar de entender cómo se ha formado cada una de ellas para configurar los terrenos sobre los que se asienta la ciudad. En el transcurso de esta indagación los estudiantes necesitarán movilizar sus aprendizajes previos sobre la teoría de la tectónica de placas, tiempo geológico, estratigrafía y el modelado del relieve para resolver una situación problemática contextualizada en su medio más cercano. Aunque estos contenidos ya han debido ser tratados con mayor o menor profundidad por los alumnos tanto en la asignatura de Biología y Geología de ESO como en la asignatura de 1º de Bachillerato en la que se planifica la intervención, algunas de las actividades de la secuencia propuesta están encaminadas a activar estos conocimientos o a profundizar en los mismos.

A continuación, se detallan los distintos elementos de la propuesta de intervención educativa comenzando por su contextualización.

3.2 Contextualización de la propuesta y destinatarios

La presente propuesta de intervención se ha diseñado para ser desarrollada en un centro docente privado de la ciudad de Córdoba, en la Comunidad Autónoma de Andalucía. El centro en cuestión, que basa sus líneas de actuación en el empleo de metodologías innovadoras, se localiza dentro del término municipal de la ciudad en las laderas de Sierra Morena estando situado muy cerca de los parajes naturales que se encuentran al norte de la localidad. La conexión del centro educativo con el resto de la ciudad mediante transporte público es aceptable. La oferta educativa de este centro va desde el segundo ciclo de Educación Infantil hasta Bachillerato contando con una única línea en cada curso. Los alumnos de este colegio proceden de familias con un nivel socioeconómico medio-alto y sus progenitores o tutores poseen en su gran mayoría estudios superiores.

Aquellas sesiones que se lleven a cabo en el centro educativo se desarrollarán en el laboratorio de ciencias. Este espacio cuenta con una pizarra blanca y una televisión inteligente de grandes dimensiones que permite proyectar información audiovisual. También dispone de un ordenador portátil para el docente y diverso material de laboratorio. De manera relevante para esta propuesta, el laboratorio cuenta con una colección de rocas, minerales y fósiles en muestras *de visu*, y con un atlas de fotografías de fósiles encontrados cerca de la ciudad. Todo el centro está dotado de conexión a internet.

Los destinatarios de esta propuesta de intervención son los alumnos que cursan la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato. Teniendo en cuenta los desdobles en esta etapa debido a las distintas modalidades, únicamente 16 alumnos están matriculados en esta asignatura. De estos, diez son chicas y seis son chicos. Aunque entre ellos no hay ningún repetidor ni ningún alumno con necesidades específicas de apoyo educativo, este grupo muestra una considerable diversidad en cuanto a su nivel de motivación, capacidades, e intereses. La gran mayoría de estos alumnos ya habían estado escolarizados durante las etapas previas en este centro, por lo que cuentan con cierta experiencia en metodologías de aprendizaje activas y cooperativas. No obstante, nunca antes habían estado involucrados en una investigación completa en el aula. Todos los alumnos disponen de un *iPad* privado con conexión a internet restringida.

El marco legislativo de esta propuesta está conformado por la siguiente normativa: Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación; Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa; Ley 17/2007, de 10 de diciembre, de Educación de Andalucía; Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre; Orden ECD/65/2015, de 21 de enero; y Orden de 14 de julio de 2016.

3.3 Intervención en el aula

3.3.1 Objetivos didácticos

Los objetivos didácticos que se pretenden alcanzar a través de esta propuesta de intervención responden a los objetivos de la enseñanza de la biología y la geología en el Bachillerato, recogidos en la Orden de 14 de julio de 2016. La siguiente lista enumera los objetivos didácticos de esta intervención en el aula:

- **O1:** Conocer y valorar las características del trabajo científico.

- **O2:** Distinguir y aplicar las diferentes fases y herramientas de la metodología científica.
- **O3:** Aplicar los principios de la estratigrafía para resolver cortes geológicos sencillos.
- **O4:** Emplear criterios de datación relativa para interpretar la historia geológica de una región.
- **O5:** Conocer el lugar de las grandes orogenias en la tabla de tiempo geológico y sus implicaciones en la formación del relieve de una región.
- **O6:** Relacionar fósiles y estructuras sedimentarias con ambientes sedimentarios concretos
- **O7:** Identificar algunas formas del modelado del relieve en el entorno próximo.
- **O8:** Integrar los elementos del trabajo científico para diseñar y ejecutar un proyecto de investigación en equipo sobre la historia geológica del entorno.

3.3.2 Competencias clave

En esta propuesta de intervención se pretende desarrollar un buen número de dimensiones competenciales de las competencias clave recogidas en la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero. A continuación, se describe de qué manera la secuencia didáctica articulada a través de esta intervención podrá contribuir al desarrollo de las diferentes competencias clave:

Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT).

El eje vertebrador de esta propuesta es la realización de un trabajo científico guiado con el que los alumnos puedan ganar autonomía en el empleo de los métodos propios de la racionalidad científica. En particular, enfatiza en la utilización de datos y procesos científicos procedentes del marco teórico de referencia para la resolución de una situación problemática del ámbito más cercano a través de la “propuesta de preguntas, búsqueda de soluciones, indagación de caminos posibles para la resolución de problemas, contrastación de pareceres, diseño de pruebas”, que finalmente se explice en forma de modelo explicativo en base a las evidencias encontradas. Además de abordar de manera integral una parte fundamental de los saberes de la geología para esta etapa educativa, la realización de la investigación guiada proporciona un contexto adecuado para acercar las características de la naturaleza del trabajo científico a los alumnos, así como para favorecer el desarrollo de actitudes y

valores tales como atención, rigor, paciencia, y determinación. Asimismo, el empleo de un correcto lenguaje científico, tanto en lo referente a la propia disciplina como a la dimensión argumentativa de la confrontación de ideas, se potenciará a través de un extenso diálogo de aula y la elaboración de un informe final de la investigación. Por último, con esta propuesta se pretende realizar, literalmente, un acercamiento al medio físico más próximo que, entre otras finalidades, permita a los alumnos concienciarse sobre la necesidad de proteger el entorno natural.

Por otra parte, respecto a la competencia matemática, la resolución de cortes geológicos pretende facilitar la puesta en práctica y el desarrollo del razonamiento lógico, mientras que el trabajo con mapas (topográficos y geológicos) y la interpretación de formas en el terreno deben favorecer la visión espacial de los alumnos.

Comunicación lingüística (CCL).

Los componentes lingüístico y pragmático-discursivo de esta competencia se atenderán, por una parte, a través de la estructuración del diálogo en el aula mediante puestas en común, lluvias de ideas, debates y la comunicación en el seno de los equipos de investigación y, por otra, a través de la elaboración de un informe final. Y todo ello, proporcionando contextos de comunicación variados y facilitando que los alumnos trabajen con diferentes modalidades de comunicación y en diferentes soportes.

Competencia digital (CD).

Como parte del proyecto de investigación, los alumnos utilizarán las TIC para realizar búsquedas de información, tanto en forma de textos como de localizaciones geográficas de interés, y para crear contenidos digitales a modo de un informe final multiformato (textos, imágenes y diagramas). Estas tareas contribuirán al empleo eficaz por parte de los alumnos de diferentes herramientas TIC de uso común y al establecimiento de criterios de selección de información digital, que faciliten su transformación en conocimiento.

Aprender a aprender (CAA).

La propia estructuración del trabajo científico en fases que han de ser planificadas para la resolución final de una cuestión problemática ofrece un marco excelente para que los alumnos puedan apropiarse del uso de estrategias de planificación para la adquisición de sus aprendizajes. Así, se incide en el diseño de un plan de acción que

tenga en cuenta los recursos ya disponibles y aquellos que hayan de adquirirse durante el proceso, así como en la supervisión del avance de la investigación a modo de estrategia reguladora que permita valorar la adecuación de las actuaciones llevadas a cabo. Por otra parte, el desarrollo de la investigación en pequeños equipos de trabajo cooperativo favorece que los alumnos puedan aprender del modo por el que los compañeros progresan en sus aprendizajes.

Competencias sociales y cívicas (CSC).

Las diferentes actividades de esta propuesta que conllevan la confrontación de pareceres (contrastación de conjeturas iniciales, explicitación de modelos explicativos, etc.) o la negociación de un plan de acción, ya sea en el seno de cada equipo de investigación o a nivel de gran grupo, requieren y ayudan a desarrollar la “capacidad de comunicarse de una manera constructiva en distintos entornos sociales, mostrar tolerancia, expresar y comprender puntos de vista diferentes, negociar sabiendo inspirar confianza y sentir empatía”.

Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (SIE).

A pesar de que, en mayor o menor grado, la investigación escolar propuesta ha de estar guiada por el docente, la resolución de una cuestión problemática de interés deberá ser un estímulo suficiente para que los alumnos, tanto individual como cooperativamente, muestren su lado más activo y creativo en la planificación y ejecución de las diferentes tareas que comprenden la investigación.

Conciencia y expresiones culturales (CEC)

Esta competencia se trabaja solo de forma secundaria al facilitar que los alumnos puedan interesarse, disfrutar y respetar una parte del patrimonio de la ciudad como es el natural, incluyendo su paisaje.

3.3.3 Contenidos

Los contenidos que se tratan en la presente propuesta de intervención están basados en aquellos establecidos por el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, y concretados para la Comunidad Autónoma de Andalucía en la Orden de 14 de julio de 2016. La mayor parte de los contenidos de carácter conceptual se corresponden con los incluidos en el Bloque 9 de la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato. Por su parte, los contenidos referentes a la metodología científica aparecen en diferentes bloques de contenidos de algunas de las materias científicas

impartidas en ESO y Bachillerato. La siguiente lista recoge los contenidos que se trabajan a través de esta intervención en el aula:

- **C1:** El trabajo científico: características, fases y herramientas.
- **C2:** Principios fundamentales de la estratigrafía.
- **C3:** La tabla de tiempo geológico.
- **C4:** Orogenias hercínica y alpina.
- **C5:** Dataciones relativas y fósiles guía.
- **C6:** Fósiles, estructuras sedimentarias y ambientes sedimentarios.
- **C7:** Erosión fluvial y formas del paisaje asociadas.
- **C8:** Proyecto de investigación.

La tabla 1 muestra por un lado los contenidos que se van a desarrollar para alcanzar los distintos objetivos didácticos (OO/DD.) de esta propuesta. Por otra parte, esta tabla relaciona los objetivos didácticos con los estándares de aprendizaje específicos diseñados para la evaluación de la adquisición de los conocimientos asociados a cada objetivo didáctico junto con las competencias clave (C.C.) que se pretenden trabajar en el desarrollo de cada objetivo didáctico. Los estándares de aprendizaje específicos se han elaborado a partir de los estándares de aprendizaje evaluables recogidos en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre.

Tabla 1. Relación entre los objetivos didácticos, contenidos, estándares de aprendizaje específicos y competencias clave.

OO. DD.	Cont.	Estándares de aprendizaje específicos	C.C.
O1	C1	Reconoce el carácter tentativo del conocimiento científico (EA1) Valora la ciencia como una construcción social (EA2)	CMCT CSC
O2		Formula hipótesis utilizando un marco teórico (EA3) Elabora estrategias de contrastación de hipótesis (EA4) Registra observaciones y datos de manera organizada y rigurosa (EA5) Establece modelos explicativos en base a resultados y búsquedas de información bibliográfica (EA6) Utiliza criterios de fiabilidad para la búsqueda de información en internet (EA7)	CMCT CCL CSC CAA SIE CD
O3, O4	C2, C5	Conoce los métodos de datación relativa y los principios de la estratigrafía (EA8) Articula estos principios para resolver cortes geológicos sencillos (EA9) Entiende el concepto de fósil guía y lo aplica como método de datación (EA10) Considera estos principios y métodos para interpretar la historia geológica del entorno (EA11)	CMCT CLL CSC CAA
O5	C3, C4	Maneja adecuadamente la escala temporal en geología (EA12) Conoce la posición de las orogenias hercínica y alpina en la historia de la Tierra (EA13) Relaciona los efectos de estas orogenias con la configuración del paisaje a nivel regional (EA14)	CMCT CLL

O6	C6	Emplea la información de fósiles y de estructuras sedimentarias para deducir los ambientes sedimentarios en los que se formaron las rocas del entorno (EA15)	CMCT
O7	C7	Interpreta cómo el paisaje de su entorno ha podido modelarse a través de la erosión fluvial (EA16)	CMCT CEC
O8	C1-8	Acomete cooperativamente la resolución de un problema respetando las contribuciones individuales y grupales (EA17) Planifica un proyecto de investigación sobre una temática de su ámbito cotidiano (EA18) Comunica los resultados de la investigación con rigor y claridad empleando las TIC (EA19)	CMCT CCL CSC CAA SIE CD

Fuente: elaboración propia en base a la información recogida en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre.

3.3.4 Temporalización

La presente propuesta de intervención ha sido diseñada para ser trabajada idealmente una vez que se hayan tratado los contenidos del Bloque 7 *Estructura y composición de la Tierra* y del Bloque 8 *Procesos geológicos y petrogenéticos* de la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato. Normalmente, los contenidos de la parte de geología de la asignatura se suelen impartir en el tercer trimestre o, menos frecuentemente, durante el primer trimestre.

Considerando que la intervención en el aula se ha planificado para desarrollarse a lo largo de ocho sesiones de aula más la salida de campo y que cada sesión en el aula consta de unos 55 minutos, la distribución temporal de las sesiones y actividades de esta propuesta quedaría como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Temporalización de las sesiones y actividades de esta propuesta.

Sesión	Duración	Actividad
1	55 minutos	1 – Presentación
		2 – Veamos qué recuerdas y qué intuyes
2	55 minutos	3 – ¿Tú has pensado sobre esto?
3	55 minutos	4 – ¡Vaya corte!
		5 – ¿Verdadero o falso?
4	55 minutos	6 – El tiempo te dará la respuesta...
		7 – ¿Cuál es tu perfil?
5	55 minutos	8 – ¡Tenemos un plan!
6	6 horas	9 – De paseo (geológico) por Córdoba
7	55 minutos	10 – Una guía en forma de fósil
8	55 minutos	11 – ¿Me lo explicas?
9	55 minutos	12 – Y, por último, el río

Fuente: elaboración propia.

3.3.5 Secuencia de actividades

El conjunto de las actividades didácticas que forma la secuencia pretende guiar a los alumnos a través de una investigación escolar sobre el origen de los materiales geológicos situados en el entorno más próximo de su localidad. Para aproximarse a la solución de este problema, los alumnos tendrán que: identificar la existencia de distintas unidades geomorfológicas en el entorno; definir a grandes rasgos qué tipos de materiales conforman estas unidades; averiguar en qué periodo de la escala de tiempo geológico se formaron; e integrar sus conocimientos sobre tectónica de placas, estratigrafía, tiempo geológico, orogenias, ambientes sedimentarios y modelado del paisaje para proponer una explicación sobre la disposición de las diferentes unidades en el entorno de la ciudad. El problema planteado presenta la pequeña dificultad de que los materiales situados a mayor altitud en el perfil de la ciudad son los más antiguos mientras que los situados en las zonas más bajas son los más modernos.

Las actividades de la fase inicial de la secuencia tienen como finalidad: motivar al alumnado a participar activamente en la investigación, recoger las ideas previas de los alumnos respecto a la formación del paisaje, activar el marco teórico de referencia de la investigación y familiarizarlos con los procedimientos de estudio e interpretación de la historia geológica de una región. Al comienzo de esta fase, los alumnos organizados en grupos cooperativos han de formular sus hipótesis iniciales respecto a la cuestión a resolver. A lo largo de esta primera fase es posible que estas hipótesis iniciales se vean modificadas debido a su contrastación con los conocimientos procedentes del marco de referencia o a la confrontación de ideas con otros grupos de trabajo. Al final de esta etapa, se ha de haber creado la necesidad de que los alumnos visiten diferentes puntos del término municipal de la ciudad para observar y estudiar las características de los materiales que constituyen las tres unidades geomorfológicas fundamentales que se pueden encontrar en el municipio: campiña, terrazas y cauce fluvial y sierra.

La fase intermedia está centrada en la salida de campo. Para realizarla adecuadamente, los alumnos habrán de preparar un guion que oriente la observación y recogida de datos durante la salida. En sesiones posteriores, se analizarán en el laboratorio las muestras no identificadas y se determinará de qué tipo de rocas proceden. En principio, la información que se pueda obtener como resultado de la salida será insuficiente para resolver la cuestión inicial, puesto que no debe aclarar la edad de las rocas.

En la última fase, se proporciona a los grupos de trabajo información sobre fósiles guía que se han identificado en diversos estudios realizados en la zona. Con estos datos, los alumnos podrán reajustar sus modelos explicativos para acercarse a la solución del interrogante inicial. A lo largo de toda la investigación, cada grupo de alumnos irá elaborando un informe que recoja sus ideas previas y estrategias de resolución, los resultados que obtienen y la interpretación de los mismos. Todo ello de manera argumentada y de forma lo más coherente posible con el marco teórico de referencia. Las actividades se han diseñado para que las ideas y los modos de pensar de los alumnos puedan evolucionar a través de la contrastación razonada de opiniones durante las puestas en común. El papel fundamental del profesor es evitar que el proceso investigativo colapse por alejarse del marco teórico o de los procedimientos previstos de resolución o que el problema a investigar sea resuelto prematuramente mediante búsqueda bibliográfica o consulta a terceros.

A continuación, se describe el desarrollo de las diferentes sesiones y actividades que componen la secuencia de esta propuesta:

Actividad 1: Presentación			
Sesión: 1	Tipo de actividad: inicial	Tiempo: 45 min	
Descripción: presentación de los objetivos de la propuesta y de los contenidos que se van a tratar, así como de las principales características del trabajo científico y sus fases. Instrucciones sobre la elaboración del informe de la investigación			
Contenidos: C1	Objetivos: O1 y O2	Estándares de aprendizaje espec.: EA1	C.C.: CMCT
Espacio: laboratorio	Recursos: ordenador portátil, TV inteligente, pizarra blanca		Agrupamiento: gran grupo
Evaluación: observación y escala de valoración sobre participación, actitud y comportamiento			

Tras una breve presentación de los objetivos y contenidos de la unidad didáctica, así como de sus procedimientos de evaluación y criterios de calificación, el docente comunica a los alumnos que la propuesta se va a desarrollar como una investigación escolar. En particular, les informa de que, organizados en grupos pequeños, van a tratar de resolver una cuestión problemática relacionada con el entorno geológico de la ciudad siguiendo los procedimientos del trabajo científico. Posteriormente, el docente resume las características fundamentales de la ciencia, tal como se considera hoy en día, y recuerda a los alumnos las diferentes fases en las que se puede secuenciar el trabajo científico.

A continuación, el docente da las instrucciones a los alumnos sobre la elaboración del informe de la investigación que servirá para evaluar los aprendizajes adquiridos a través de esta propuesta. Cada grupo ha de presentar un único informe. Enfatizando en el carácter tentativo y evolutivo de la construcción científica, es importante dejar claro a los alumnos que la redacción del informe debe basarse en el trabajo de cada sesión y no debe acometerse exclusivamente al finalizar la investigación. Las secciones que deben aparecer en el informe son: introducción, identificación del problema, hipótesis de trabajo, planteamiento de estrategia(s) de resolución, resultados, interpretación de los resultados en forma de modelo explicativo, valoración personal (en la que se incluya una reflexión sobre cómo han evolucionado sus conocimientos y actitudes a lo largo de la propuesta) y bibliografía. Los alumnos también reciben indicaciones sobre el formato específico con el que se debe presentar el informe y el plazo de entrega. Finalmente, el docente advierte a los alumnos de que no realicen búsquedas de información respecto al objeto de la investigación a menos que sea requerido como parte de alguna actividad.

Actividad 2: Veamos qué recuerdas y qué intuyes			
Sesión: 1	Tipo de actividad: exploración de ideas previas	Tiempo: 10 min	
Descripción: identificación de preconcepciones de los alumnos sobre los procesos que intervienen en la configuración del paisaje utilizando un cuestionario de ideas previas			
Contenidos: C3-C7	Objetivos:	Estándares de aprendizaje espec.: C.C.:	
Espacio: laboratorio	Recursos: cuestionario de detección de ideas previas		Agrupamiento: individual
Evaluación: escala de valoración del cuestionario			

Se reparte un cuestionario para que los alumnos lo respondan (ver anexo 1) y que pretende evaluar el nivel general del grupo con respecto a la integración de conceptos ya tratados para explicar la historia geológica de una región. Además, esta actividad permitirá identificar a alumnos con posturas catastrofistas sobre la formación del relieve o a aquellos que no consideren la acción de los agentes geológicos externos en el modelado del paisaje. Del mismo modo, será útil para detectar ideas previas relativas al tiempo geológico y a los fósiles. En base a los resultados de este cuestionario y a la diversidad presente en el aula, el docente organiza a los alumnos en grupos heterogéneos de manera que los estudiantes con menor interés por la materia o con mayores dificultades para acceder a los aprendizajes de la misma sean

repartidos entre los diferentes grupos. Del mismo modo, se procura que los grupos estén también equilibrados con respecto al género de sus integrantes.

Actividad 3: ¿Has pensado alguna vez sobre esto?			
Sesión: 2	Tipo de actividad: inicial		Tiempo: 55 min
Descripción: introducción de la pregunta que debe estimular la investigación (5 min). Observación y análisis de mapas en relieve de la provincia de Córdoba; formulación inicial de hipótesis (25 min). Puesta en común (25 min)			
Contenidos: C1, C8	Objetivos: O1, O2, O8	Estándares de aprendizaje espec.: EA2, EA3, EA17	C.C.: CMCT, CCL, CSC, CAA, SIE
Espacio: laboratorio	Recursos: pizarra blanca; mapas en relieve fabricados en plástico de la provincia de Córdoba		Agrupamiento: grupo pequeño, gran grupo
Evaluación: observación y escala de valoración sobre participación, actitud y comportamiento.			

En primer lugar, el docente proyecta algunas fotografías del paisaje que rodea a la ciudad de Córdoba y comenta que la naturaleza geológica del enclave en el que se sitúa una ciudad influye mucho en diferentes ámbitos de la misma, desde el urbanístico (por la presencia de barreras que condicionen el modo de expansión) hasta el económico (por la existencia de recursos como el litoral o yacimientos minerales). A continuación, expone la pregunta detonante de la investigación: **¿Cómo creéis que se han originado los terrenos sobre los que descansa la ciudad de Córdoba?** Tras las aclaraciones oportunas respecto al significado del término “terrenos” en esta pregunta, el docente solicita a los estudiantes que se organicen en cuatro grupos de cuatro alumnos, los cuales se mantendrán a lo largo de la investigación.

Posteriormente, se reparten entre los diferentes grupos mapas en relieve fabricados en material plástico de la provincia de Córdoba. Estos mapas deben ayudar a los grupos de investigación a identificar la existencia de diferentes unidades geomorfológicas en la provincia, algunas de las cuales también están presentes en el entorno de la ciudad de Córdoba. Para dar comienzo al desarrollo propiamente dicho de la investigación, el docente pide a los equipos que a largo de los siguientes 25 minutos elaboren una reformulación, utilizando su propia manera de expresarse, de lo que se les solicita en la cuestión inicial, incluso que la desgranen en otras preguntas más concretas. También les indica que construyan una hipótesis inicial, que deberán justificar en base a los conocimientos que ya poseen, acompañada de predicciones concretas derivadas de dicha hipótesis en forma de observaciones o datos.

De manera intencionada, en este primer estadio de la investigación escolar se da rienda suelta a la creatividad de los estudiantes sin más guía que el mapa de relieve. De hecho, sería ideal no aludir a la dimensión temporal de la solución del problema en el momento de presentar la pregunta. Así, el docente debería evitar reformular la cuestión en los siguientes términos: ¿cómo se han formado a lo largo del tiempo? o ¿cómo han cambiado a lo largo de la historia de la Tierra para llegar a su forma actual? Con esto se quiere conseguir que los alumnos realicen un esfuerzo genuino para explicitar sus concepciones sobre la forma en la que se origina el paisaje (como entorno geológico) y, especialmente, para que se apropien del “factor tiempo” como elemento clave en la resolución de problemas de todo tipo, no solo científicos. Por otra parte, al tratar de presentar una explicación demostrable (mediante predicciones concretas), los equipos comenzarán a comprender que hay una serie de datos que desconocen sobre la naturaleza y evolución geológica de la región en la que se emplaza la ciudad.

Tras esta actividad grupal, se abre una puesta en común de unos 25 minutos de duración en la que en primer lugar el docente solicita a los diferentes grupos que expresen sus hipótesis respecto a la situación planteada, recogiéndose las ideas fundamentales en la pizarra. Algunas de las conjeturas iniciales podrían ser las siguientes:

- Fuerzas tectónicas deformaron y elevaron una amplia región antes sumergida, de modo que unas zonas (Sierra Morena y Sierras Subbéticas) quedaron más elevadas que otras. El río Guadalquivir discurre por las áreas más deprimidas.
- Sierra Morena representa una antigua zona volcánica actualmente inactiva en la que los edificios volcánicos en proceso de erosión han quedado más elevados que la topografía del resto del entorno de la ciudad.
- El río ha erosionado el extremo sur de la Meseta Central generando un valle sobre cuyo fondo se sitúa parte de la ciudad.
- O más elaboradas: durante la orogenia alpina, el borde norte de la placa africana y el borde continental sur de la placa euroasiática (delimitado en parte por Sierra Morena) colisionaron produciendo el plegamiento y elevación de los sistemas Béticos y la emersión de una antigua cuenca sedimentaria mesozoica que quedó emplazada en el lugar ocupado actualmente por la depresión del Guadalquivir. Posteriormente, esta cuenca emergida se ha convertido en una cuenca fluvial.

Si las ideas iniciales son de este tipo, los alumnos habrán identificado —quizás de manera inconsciente— la presencia de diferentes elementos en el paisaje. Si por el contrario las explicitaciones de partida son más rudimentarias, el docente podrá hacer uso de diferentes recursos para llamar la atención de los alumnos sobre dichos elementos. Por ejemplo, utilizando fotografías icónicas de la ciudad en las que se observe el río, la campiña o las laderas de la sierra, y guiando a los estudiantes con preguntas del tipo: ¿Creéis que todos los “terrenos” sobre los que descansa la ciudad son iguales (desde el punto de vista geológico)? En caso extremo, el docente puede utilizar una analogía sobre cómo se fabrica la típica silla de aula: con diferentes elementos (patas, asiento, respaldo) que tienen distinta composición (madera, metal, plástico) y que posteriormente han de ser ensamblados.

Es posible que junto con estas hipótesis los equipos no aporten predicciones concretas. Si este fuera el caso, el docente debe guiar a los grupos para que consideren diferentes opciones mediante preguntas como las siguientes:

- ¿El tipo de rocas será el mismo en las zonas más elevadas y en las más deprimidas? Y los fósiles que puedan contener esas rocas, ¿también serán iguales?
- Si la región estaba antes sumergida, ¿qué clase de fósiles animales cabría esperar?
- ¿Esperaríais encontrar gran abundancia de rocas volcánicas en las laderas de la sierra?
- ¿Serán del mismo tipo las rocas que hay a ambos lados del “valle” por el que discurre el río? Y los fósiles que puedan contener esas rocas, ¿también lo serán?
- ¿Qué tipo de rocas y fósiles esperarías encontrar en lo que fue una cuenca sedimentaria marina del Mesozoico? ¿Cómo ordenaríais en cuanto a su antigüedad la Sierra de Córdoba, la campiña y las Sierras Subbéticas?

Durante toda la puesta en común se anima a los grupos a que se interpelen entre ellos respecto a la corrección teórica de las hipótesis planteadas y sobre la pertinencia de sus predicciones. Los equipos podrán matizar sus formulaciones originales en base a las ideas que hayan aparecido durante la puesta en común. No obstante, es importante que el docente aclare que no es necesario que todos los equipos propongan el mismo tipo de hipótesis, sino que cada uno debe formular aquella que considere más plausible.

Actividad 4: ¡Vaya corte!			
Sesión: 3	Tipo de actividad: desarrollo		Tiempo: 40 min
Descripción: repaso a los principios de la estratigrafía (10 min). Resolución de cortes geológicos (15 min). Puesta en común (15 min)			
Contenidos: C2	Objetivos: O3	Estándares de aprendizaje espec.: EA8, EA9	C.C.: CMCT, CCL, CSC
Espacio: laboratorio	Recursos: ordenador portátil del docente, TV inteligente, pizarra blanca; fichas con cortes geológicos		Agrupamiento: gran grupo, grupo pequeño
Evaluación: observación y escala de valoración sobre participación, actitud y comportamiento			

Para facilitar que los equipos de trabajo puedan familiarizarse con los métodos de resolución a emplear en la investigación, se sugiere realizar un rápido repaso de los conceptos de estrato, de los principios de la estratigrafía y de los tipos de discontinuidades estratigráficas. Para ello, al final de la segunda sesión, se indica a los alumnos que visualicen el vídeo *Estratos* del canal *Geología en el campo* de YouTube el día anterior a la sesión 3 como parte de su trabajo de casa.

Ya en la tercera sesión y tras resolver las dudas referentes al vídeo, el docente recuerda a los alumnos qué es un corte geológico, cómo puede interpretarse en base a los principios de la estratigrafía y al conocimiento de los procesos geológicos fundamentales y, lo más importante, el hecho de que permite inferir cuál ha sido la historia geológica de un área. También les recuerda que el corte geológico de una región suele incluir el perfil topográfico de la misma y da ciertas explicaciones sobre cómo se construye un corte a partir del trabajo de campo.

A continuación, se reparten fichas con una serie de cortes geológicos de dificultad creciente (ver anexo 2) para que cada grupo los resuelva tratando de averiguar cuál ha sido la secuencia de procesos geológicos que subyace a cada representación. En este bloque de cortes geológicos no se introducen datos referentes a la edad de cada estrato o material, puesto que este aspecto se trata en una sesión posterior. Entre los cortes a resolver, se incluyen a propósito algunos que representen situaciones que pudieran aparecer en una región si los procesos evolutivos recogidos en las diferentes hipótesis iniciales planteadas por los alumnos se hubiesen dado en dicha región. El último corte de la serie refleja la historia geológica de una región en la que han ocurrido diferentes etapas de sedimentación, plegamiento y erosión de modo que los materiales más modernos se localizan a menor elevación que algunos de los estratos más antiguos.

Tras 15 minutos de trabajo de equipo para la resolución de los cortes, se procede a una puesta en común en la que los grupos exponen las soluciones de los mismos.

Actividad 5: ¿Verdadero o falso?			
Sesión: 3	Tipo de actividad: desarrollo		Tiempo: 15 min
Descripción: Planteamiento de estrategias de contrastación (15 min)			
Contenidos: C1, C8	Objetivos: O1, O2, O8	Estándares de aprendizaje espec. : EA1, EA4, EA17, EA18	C.C.: CMCT, CLL, CSC, CAA, SIE
Espacio: laboratorio	Recursos: pizarra blanca		Agrupamiento: grupo pequeño
Evaluación: observación y escala de valoración sobre participación, actitud y comportamiento			

Posteriormente, el docente pregunta a los alumnos si la realización de la actividad les ha proporcionado alguna idea sobre cómo comprobar si su hipótesis de partida es correcta o no. Idealmente, algunas de las respuestas estarán relacionadas con la posibilidad de averiguar si la ciudad se sitúa sobre un único tipo de material (o estrato) o sobre diferentes tipos, si los mismos se encuentran inclinados o plegados como consecuencia de una fase tectónica, si los materiales o estratos situados en zonas con diferente topografía están formados por diferentes tipos de rocas, si son de distintas edades relativas, etc. Con este tipo de respuestas, los grupos habrán avanzado en las bases del diseño de una estrategia de resolución que incluya una salida de campo.

Durante la última parte de la sesión y en base a las respuestas previas, el profesor pide a cada grupo que vuelva a trabajar colectivamente para plantear un conjunto de acciones que les permitan contrastar de forma específica su hipótesis inicial. Les hace hincapié en que la estrategia debe ser factible considerando los recursos materiales y temporales disponibles.

Actividad 6: El tiempo te dará la respuesta...			
Sesión: 4	Tipo de actividad: desarrollo		Tiempo: 20 min
Descripción: explicación de la tabla de tiempo geológico y del lugar de las orogenias en ella (5 min). Resolución de cortes geológicos (15 min).			
Contenidos: C2, C3, C4	Objetivos: O3, O5	Estándares de aprendizaje espec. : EA8, EA9, EA12, EA13	C.C.: CMCT, CCL
Espacio: laboratorio	Recursos: ordenador portátil del docente, TV inteligente, pizarra blanca; fichas con cortes geológicos para resolver en horario no lectivo		Agrupamiento: gran grupo, individual
Evaluación: observación y escala de valoración sobre participación, actitud y comportamiento. Fichas y escala de valoración sobre la resolución de los cortes			

Durante la primera parte de la sesión, se continúa proporcionado a los alumnos los fundamentos teóricos necesarios para la resolución del problema investigado. Así, el docente hace un recordatorio de la tabla de tiempo geológico subrayando el lugar de las orogenias hercínica y alpina en la dicha tabla. Para poner en práctica estos fundamentos, se propone a los alumnos la interpretación de dos cortes geológicos que contendrán datos relativos al periodo o época geológica de cada estrato o cuerpo intrusivo (ver anexo 3). En esta ocasión, los cortes se muestran uno a uno en la televisión inteligente y mediante una puesta en común los alumnos irán indicando cuáles han sido los diferentes procesos que han intervenido en la configuración geológica de la región a lo largo de la tabla temporal. En estos cortes se presentan situaciones en las que la región haya sido afectada por las dos orogenias ya mencionadas y en las que existan lagunas estratigráficas, puesto que las mismas tienen cierta relevancia para explicar la historia geológica del entorno de la ciudad de Córdoba.

Además y para poder evaluar de forma más certera si los alumnos han aprendido los diferentes conceptos y procedimientos relacionados con la interpretación de cortes geológicos, se reparten fichas con dos cortes sobre las que los alumnos tendrán que trabajar durante horario no lectivo para devolverlas resueltas en la siguiente sesión de la asignatura (ver anexo 4).

Actividad 7: ¿Cuál es tu perfil?			
Sesión: 4	Tipo de actividad:		Tiempo: 35 min
Descripción: Representación del corte geológico del entorno según la hipótesis de trabajo (15 min). Contrastación de las diferentes representaciones mediante puesta en común (20 min)			
Contenidos: C1, C2, C8	Objetivos: O1-2, O4, O8	Estándares de aprendizaje espec.: EA1, EA4, EA8, EA11, EA17	C.C.: CMCT, CCL, CSC, CAA
Espacio: laboratorio	Recursos: pizarra blanca		Agrupamiento: gran grupo, grupo pequeño
Evaluación: observación y escala de valoración sobre participación, actitud y comportamiento			

La segunda parte de la sesión está enfocada a que los alumnos lleguen a la conclusión, si no lo han hecho ya durante la sesión anterior, de que una salida al entorno de la ciudad les proporcionará parte de los datos necesarios para comprobar la veracidad de sus conjeturas de partida. Con esta finalidad, el docente solicita a los grupos que, según sus hipótesis de trabajo, representen cómo podría ser el corte geológico que

pasase por la ciudad de Córdoba comenzando en la cima más cercana de la sierra al norte y terminando en las primeras lomas de la campiña al sur. Para facilitar la actividad, cada grupo recibe una ficha conteniendo el perfil topográfico del corte solicitado junto con un mapa de la zona en cuestión (ver anexo 5). Si a estas alturas de la investigación algún grupo no hubiera considerado aún que la campiña y la sierra de Córdoba son dos unidades diferenciadas, esta actividad les ayudará definitivamente a tener en cuenta este hecho.

Después de unos 15 minutos de elaboración colectiva, se inicia una nueva puesta en común en la que cada grupo presente en la pizarra su corte geológico, al que naturalmente le deberá faltar información, y explique los motivos por los que los procesos incluidos en su hipótesis de trabajo habrían dispuesto de esa manera concreta los diferentes materiales en el corte. Tras cada exposición, se anima al resto de los alumnos a que pregunten o comenten sobre aspectos de la presentación que crean que no estén justificados apropiadamente en base a los fundamentos teóricos que ya se han ido tratando. A través de esta confrontación entre los modelos explicativos de la historia geológica del entorno presentados por los diferentes grupos en forma de corte geológico se pretende que los investigadores noveles comprendan que la observación en el terreno de las características de los materiales (tipos de rocas, estructuras, contenido en fósiles, etc.) les permitirá confirmar o rechazar sus hipótesis.

Finalmente, se pregunta a los equipos si necesitan reconsiderar alguno de los aspectos que incluyeron en su estrategia de contrastación y si creen que hay algún tipo importante de datos a los que no tengan acceso mediante la estrategia planteada. Es esperable que, si el progreso de la investigación ha sido el adecuado, la salida al entorno se haya propuesto por alguno de los grupos en la sesión anterior o en esta como parte de los métodos de verificación de sus hipótesis. Si este no fuera el caso, en este punto el docente hará uso de preguntas mediadoras para que esto se haga patente. Por otra parte, el trabajo con la tabla de tiempo geológico en esta sesión facilitará que los alumnos comprendan que no disponen de herramientas para datar las distintas rocas del entorno.

Actividad 8: ¡Tenemos un plan!			
Sesión: 5	Tipo de actividad: desarrollo		Tiempo: 55 min
Descripción: explicación sobre ambientes sedimentarios (10 min). Preparación de la salida de campo mediante una lluvia de ideas (45 min)			
Contenidos: C1, C5, C6, C8	Objetivos: O1, O2, O8	Estándares de aprendizaje espec. : EA2, EA4, EA17, EA18	C.C.: CMCT, CCL, CSC, SIE, CD
Espacio: laboratorio	Recursos: ordenador portátil del docente, TV inteligente, pizarra blanca; iPads de los alumnos, Google Maps		Agrupamiento: gran grupo
Evaluación: observación y escala de valoración sobre participación, actitud y comportamiento			

Al final de la sesión anterior, se indica a los alumnos que visualicen el vídeo *Fósiles. Aplicaciones científicas* del canal *Geología en el campo* de YouTube como parte de su trabajo de casa para la preparación de la presente sesión. Este vídeo les permitirá recordar los conceptos de fósil y fósil guía y su utilidad para determinar la edad de las rocas que los contienen o el tipo de ambiente sedimentario en el que vivieron. Al comienzo de la sesión cinco, el docente amplía esta información haciendo un repaso a los tipos de características (litológicas, texturales, estructurales y paleontológicas) que permiten definir algunos ambientes sedimentarios. Con estos conocimientos y una vez que hayan recabado los datos necesarios, los alumnos podrán construir una explicación más ajustada sobre cómo se ha conformado el entorno geológico local.

El resto de la sesión se emplea en preparar la salida de campo. Aunque los aspectos más importantes de la misma habrán ya sido planificados y organizados con antelación por el docente, se sugiere simular su negociación con los alumnos para dar mayor verosimilitud al proceso investigativo. Así, en primer lugar el docente informa de que se dispone de seis horas para realizar la excursión, lo cual limita el área explorable a la ciudad y sus aledaños. A continuación, anima a los alumnos a que en base a sus estrategias de contrastación y mediante una lluvia de ideas expresen y discutan sus puntos de vista respecto a cuáles deben ser los objetivos de la salida de campo, las actuaciones a realizar durante la salida, los lugares a visitar, y el medio de transporte a emplear. Para guiar la discusión según sus intereses, el docente utiliza como referencia para los alumnos los cortes geológicos del entorno de Córdoba realizados en la sesión número 4 y el mapa asociado a dichos cortes. Con esto se pretende que el itinerario de la excursión propuesto por los alumnos de forma preferente sea el de ese perfil geológico.

Aunque probablemente haya consonancia entre las propuestas de los alumnos y la planificación realizada por el docente, este ha de mostrar cierta habilidad guiando la lluvia de ideas y el posterior debate. De este modo, el docente conseguirá que los objetivos que se acuerden para la salida al entorno sean:

- La descripción de las distintas unidades del paisaje en el entorno de la ciudad.
- La identificación de estratos y rocas, así como de las estructuras que estas puedan presentar.
- La búsqueda y recogida de fósiles que mediante su posterior análisis permitan datar las rocas que los contienen. En realidad, es improbable que este objetivo se cumpla durante la salida, pero se incluye para crear unas buenas expectativas en los alumnos de cara a la salida.

De la misma manera, el docente debe procurar que las propuestas de actuaciones a realizar en cada parada consistan en: la observación e interpretación del paisaje; el reconocimiento de estratos y la búsqueda de contactos entre estos; el análisis de los principales tipos de rocas y de sus características estructurales; y cuando no sea posible su identificación en el terreno, la toma de muestras para su posterior estudio. Para ejecutar estas tareas, los equipos de investigación dispondrán de cierta autonomía y contarán también con la supervisión y guía del profesor en forma de explicaciones y aclaraciones. Durante la excursión, los alumnos anotarán en sus cuadernos de campo las observaciones y consideraciones relevantes para la investigación fruto de la salida al entorno. Del mismo modo, tomarán imágenes con sus teléfonos móviles o con una cámara fotográfica digital para ilustrar diferentes aspectos de la salida en sus informes finales.

Debido a que la salida de campo no debe extenderse en el tiempo más de lo necesario, el docente convendrá con los alumnos que los lugares del entorno a visitar y observar conformen un itinerario que aproximadamente se corresponda con la línea que corta el mapa y delimita el corte geológico realizado en la sesión anterior. Si se dispone de cierto tiempo para esta fase de preparación con los alumnos, debido a que por ejemplo la salida fuese propuesta como parte de la estrategia de contrastación durante las primeras sesiones, el docente puede solicitar a los equipos de trabajo que traten de identificar posibles lugares de interés a lo largo del corte geológico utilizando la herramienta *Google Street View*. Esta prestación de *Google Maps* es útil para detectar puntos en la zona urbanizada o periurbana de la ciudad donde las rocas subyacentes están expuestas o han quedado visibles debido a la realización de algún tipo de obra civil (por ejemplo, en los taludes de las vías urbanas y periurbanas).

Independientemente de que esta labor de búsqueda pueda ser realizada o no por los alumnos, la selección final del número de paradas de la salida y la localización de las mismas debe ser hecha por el docente. No obstante, sí que es importante que se expliquen los criterios seguidos en dicha elección, tanto aquellos relacionados con la conveniencia de los emplazamientos a visitar para la resolución del problema como los de carácter logístico. En relación con este último aspecto, se decidirá que el medio de transporte utilizado para los desplazamientos más largos será el autobús urbano, mientras que los más cortos se realizarán a pie.

Es importante que el docente recuerde a los alumnos que la salida es parte de la estrategia de contrastación de sus hipótesis y que es posible que las observaciones realizadas durante la misma no sean suficientes para obtener una respuesta inmediata a la cuestión planteada. En este sentido, ha de llamar a la perseverancia y paciencia de los estudiantes durante toda la actividad fuera del centro. Por último, se ha de informar a los alumnos de las normas de comportamiento y de seguridad que deben seguir durante la salida del centro, así como recordarles que la excursión es una buena oportunidad para conocer y disfrutar del entorno natural de su ciudad.

Actividad 9: De paseo (geológico) por Córdoba			
Sesión: 6	Tipo de actividad: desarrollo	Tiempo: 6 horas	
Descripción: salida de campo con un itinerario a través de la ciudad de Córdoba y sus inmediaciones			
Contenidos: C1, C8	Objetivos: O1, O2, O8	Estándares de aprendizaje espec.: EA2, EA5, EA17	C.C.: CMCT, CSC, CEC
Espacio: área urbana y periurbana de Córdoba	Recursos: mapa geológico simplificado del entorno; claves dicotómicas simplificadas para la identificación de rocas; cámara fotográfica digital; martillo de geólogo, gafas de protección bolsas de plástico; lentes; ácido clorhídrico diluido		Agrupamiento: gran grupo, grupo pequeño
Evaluación: observación y escala de valoración sobre participación, actitud y comportamiento			

El esquema general de la salida de campo propuesta está basado en el itinerario utilizado en el documento “Estudio de campo del valle del Guadalquivir en Córdoba” (IES Averroes, s.f.). La actividad se planifica de manera que pueda realizarse en su totalidad en horario escolar, facilitándose con ello que todos los alumnos puedan participar en ella. El anexo 6 contiene un enlace desde el que se puede acceder a fotografías que ilustran algunos de los elementos que pueden observarse en cada parada.

Parada 1 (Campiña cordobesa)

La salida de campo comienza con el desplazamiento del grupo desde el centro de educación hasta la localización de la primera parada, que se encuentra en una zona limítrofe al sur de la ciudad. Este desplazamiento se realiza en parte mediante transporte público y en parte a pie. Ya en esta ubicación, el docente proporciona a cada grupo de trabajo un mapa geológico simplificado del entorno de la ciudad de Córdoba sobre el que se ha marcado la localización de los diferentes puntos de interés que se visitarán durante la salida (ver anexo 7). Con este recurso se pretende facilitar en primer lugar que los alumnos sean conscientes de que el tipo de rocas que observan en una parada en concreto se extiende ampliamente sobre la superficie hasta unos límites bien definidos. Es decir, que entiendan que lo que observan en un lugar restringido es representativo de un área mayor. Para ello, el docente ha de aclarar qué es un mapa geológico incidiendo especialmente en el hecho de que las formaciones y estratos que afloran en un área concreta normalmente continúan bajo la superficie topográfica, del mismo modo que lo hacen en un corte geológico. Por otra parte, la indicación de la posición de las paradas en el mapa debe ayudar a los estudiantes a que se ubiquen de forma precisa sobre el terreno.

A continuación, se expone un breve recordatorio de los objetivos y actuaciones a realizar en cada parada. En particular, se incide en el modo con el que se han de emplear las claves dicotómicas y las herramientas (martillo, gafas, bolsas, lupas y ácido clorhídrico diluido) para la identificación de rocas. Tras unos minutos para la resolución de dudas, se da pie a los equipos a que comiencen a observar y examinar el medio, para lo que disponen de unos 20 minutos.

En esta parada, los equipos deben ser capaces de reconocer que las suaves lomas de la campiña son una unidad diferenciada del paisaje, que se dispone de una manera particular con respecto a las otras unidades formando una banda paralela a las laderas de la sierra de Córdoba de manera que el río discurre entre el borde de la campiña y los pies de la sierra. También han de identificar con ayuda del profesor que los materiales existentes en este primer punto son margas que se presentan con gran espesor, como se puede comprobar por la altitud de los escarpes cercanos a esta parada que el río Guadalquivir ha labrado en el terreno. El docente debe aclarar que estas margas se disponen en estratos subhorizontales, puesto que este dato no podrá extraerse fácilmente por la simple observación del medio en esta parada.

El siguiente punto de interés se encuentra solo una decena de metros más hacia el norte, en una zona a la que se desciende desde el primer lugar de observación. Aquí se puede encontrar parte de una terraza fluvial con abundancia de cantes rodados sobre los mismos materiales que forman esta parte de la campiña. Este es un buen lugar para preguntar a los alumnos sobre qué principio de la estratigrafía se puede aplicar para determinar cuál de los dos tipos de materiales (margas o cantes) son más modernos. De la misma manera, el docente puede inducir mediante preguntas mediadoras que los alumnos se cuestionen cómo han llegado los cantes rodados hasta ese punto tan elevado respecto al cauce fluvial actual y qué relevancia puede tener este hecho para la resolución de la investigación.

Parada 2 (Talud en la Asomadilla)

El desplazamiento a la siguiente parada, que se localiza ya en plena ciudad de Córdoba, se realiza en su mayor parte mediante autobús urbano. En un talud formado al urbanizar esta parte de la ciudad, los alumnos pueden observar un tipo de material diferente al identificado en la campiña cordobesa. Se trata de cantes rodados cementados con arcillas rojas, que se han tipificado como rañas. El mapa geológico simplificado proporcionado a los equipos ha de hacerles ver que este tipo de material se extiende formando una banda alargada a los pies de las primeras rampas de la sierra; es decir, solo aparece en el lado norte del río.

Parada 3 (Cantera en el barrio del Naranjo)

El siguiente punto en el itinerario está lo suficientemente cerca del anterior como para que el desplazamiento se pueda realizar a pie. En el trayecto, se aprovecha para identificar y examinar algunos afloramientos de distintos tipos de rocas en taludes viarios. En la tercera parada de la salida se puede observar una antigua cantera situada a las afueras del barrio cordobés del Naranjo. Aquí, los alumnos deben reconocer que el material expuesto en la cantera es roca caliza y en particular (bio)calcarenita.

El mapa geológico muestra que estos materiales aparecen en superficie en una serie de emplazamientos más restringidos que las margas o que las arcillas rojas vistas en las paradas previas. Del mismo modo, en el mapa se puede apreciar que estos emplazamientos solo se encuentran al norte del cauce del río Guadalquivir y, en general, a una altitud mayor que las zonas con conglomerados con arcillas rojas. El docente debería añadir que, aunque no pueda apreciarse en el terreno por el tamaño del afloramiento, los materiales observados en esta parada se disponen en estratos subhorizontales. En este punto, los equipos habrán podido ya constatar la variedad de

materiales y rocas que existe en el entorno de Córdoba, algunos de ellos asociados a ciertas unidades del paisaje.

Parada 4 (Arroyo de los Pedroches)

Desde la anterior parada se continúa unos cientos de metros a pie hacia el este para bajar al curso del arroyo de los Pedroches. Sus dos flancos presentan interesantes afloramientos representativos de los materiales que conforman buena parte de la sierra cercana a la ciudad de Córdoba. A lo largo de esta parte del itinerario, el docente indica diferentes puntos en los que aparecen rocas en superficie y entre las que los equipos podrán identificar calizas, areniscas y lutitas. Si los alumnos no perciben las diferencias entre las calizas observadas en la anterior parada y las de esta, el profesor debe ponerlas de manifiesto en cuanto a su color, composición detrítica, inclinación y plegamiento de los estratos e intercalación con otros tipos de materiales.

Topográficamente, esta zona se encuentra más deprimida que las dos anteriores paradas. No obstante, con la ayuda del mapa geológico, los alumnos podrán realizar un ejercicio de abstracción para visualizar que los tipos de rocas que afloran en el cauce del arroyo continúan bajo la superficie topográfica y también constituyen la mayor parte de las elevaciones de la sierra más cercanas al límite norte de la ciudad.

Parada 5 (Mirador en la Asomadilla)

De vuelta al centro educativo, se sugiere que el grupo se detenga en el mirador “María José Moros Molina”, que ofrece unas inspiradoras perspectivas de la ciudad y de la campiña. Aquí, el docente puede recapitular las principales observaciones realizadas por los alumnos y atender a algunas de las dudas que hayan podido surgir entre ellos una vez que la excursión haya concluido. Además, se ha de evaluar brevemente si se han cumplido los objetivos propuestos para la salida. Aunque se hayan podido identificar las principales unidades del paisaje y algunos estratos y reconocer la mayor parte de las rocas de interés para la investigación, la salida de campo no ha sido diseñada para que los alumnos puedan obtener datos referentes a la edad de cada uno de los materiales mediante sus características paleontológicas. De modo que, en este punto, el docente debe explicar la dificultad de encontrar e identificar fósiles en el ámbito de una salida de campo y aclarar que estos datos se obtendrán en la siguiente sesión de la asignatura. También puede aprovechar esta situación para comentar que, al igual que lo ocurrido en esta investigación escolar, el éxito de las estrategias de resolución que se planifican en el contexto de proyectos científicos reales también

suele ser solo parcial, viéndose afectado por factores de carácter conceptual, técnico o económico.

Para tratar que los alumnos obtengan conclusiones de esta actividad en el entorno más allá de los datos recabados, se sugiere que el docente presente algunas preguntas mediadoras del tipo: ¿Cómo creéis que la acción antrópica ha modificado el paisaje que podéis observar desde el mirador? ¿Pensáis que el río y sus afluentes también han modelado el paisaje?, ¿en qué medida? ¿Habéis observado algún tipo de localización preferente de ciertos tipos rocas en determinados lugares a lo largo de la excursión? ¿Qué creéis que puede significar? ¿Puede estar relacionado con la acción del hombre o del río? ¿Puede guardar relación con la cercanía de la sierra?

Antes de dar por terminada la salida de campo, el profesor ha de volver a subrayar que las observaciones hechas durante la salida deben tratar de confirmar o rechazar las hipótesis de trabajo propuestas por los grupos. En algunos casos, los datos obtenidos durante la excursión serán suficientes para rechazar ciertas hipótesis (por ejemplo, aquellas que suponían que los materiales a ambos lados del cauce fluvial son del mismo tipo); sin embargo, en otros casos, los equipos necesitarán recabar más información para poder contrastarlas. En el marco de una investigación dirigida, uno de los aspectos esenciales es que los grupos aprendan a identificar qué tipo de información o datos requieren para poder determinar si sus propuestas de partida son correctas o no.

Actividad 10: Una guía en forma de fósil			
Sesión: 7	Tipo de actividad: desarrollo	Tiempo: 55 min	
Descripción: identificación de rocas (15 min). Indagación sobre fósiles guía y estructuras sedimentarias; puesta en común (40 min). Construcción de un mapa geológico simplificado con todos los datos disponibles			
Contenidos: C1, C5, C6, C8	Objetivos: O2, O4, O6, O8	Estándares de aprendizaje espec. : EA5, EA10, EA15, EA17	C.C.: CMCT, CLL, CSC, CD
Espacio: laboratorio	Recursos: ordenador portátil del docente, TV inteligente, pizarra blanca; iPads privados de los alumnos, mapa <i>Google My Maps</i> , <i>Wikipedia</i>	Agrupamiento: grupo pequeño, gran grupo	
Evaluación: observación y escala de valoración sobre participación, actitud y comportamiento			

En los primeros 15 minutos de la sesión, se resuelven dudas pendientes relativas a la salida de campo. Además, trabajando sobre las muestras que se hayan tomado durante la excursión, se identifican los materiales que no se hayan podido determinar

durante la misma. Para ello, se utilizan los recursos ya mencionados con la ayuda del profesor.

A continuación, el docente explica los objetivos de la siguiente actividad, en la que los grupos van a poder obtener información, por un lado, sobre la edad aproximada de cada una de las formaciones y materiales identificados en la salida y, por otro, sobre los ambientes sedimentarios en los que se formaron estos materiales. Para ello, se proporciona a los alumnos un enlace web que les permite acceder a un mapa topográfico de la ciudad de Córdoba y sus inmediaciones creado con *Google My Maps* (ver anexo 8). En este mapa se muestra la localización aproximada de formaciones rocosas en las que se han encontrado tanto fósiles guía como estructuras sedimentarias, ambas muy relevantes para la resolución adecuada del problema investigado. El docente solicita a los equipos que exploren el mapa y que indaguen sobre los fósiles y estructuras que aparecen en él. En concreto, se les pide que averigüen, utilizando preferentemente *Wikipedia*, qué clase de organismo es cada fósil, cuál era su hábitat, y en qué fracción de la tabla de tiempo geológico pueden situarlo. Del mismo modo, los alumnos deben buscar el significado de las estructuras sedimentarias que aparecen en el mapa y a qué ambiente sedimentario pueden estar asociadas. Se destinan 25 minutos para la realización de esta actividad. Si este tiempo fuera insuficiente, los equipos deberían finalizarla en tiempo no lectivo.

En la puesta en común posterior a la actividad en la que se exponen los resultados y se resuelvan dudas relativas a la misma, el docente ha de asegurarse de que los aspectos fundamentales que pretenden reflejarse en el mapa hayan sido entendidos por los alumnos. Por ejemplo, los arqueociatos fueron animales exclusivos del Cámbrico que vivieron en ambientes marinos someros formando frecuentemente arrecifes sobre plataformas continentales de poco fondo. Por tanto, se puede concluir que las calizas y lutitas con arqueociatos que se encuentran en el arroyo de los Pedroches y en el cerro de las Ermitas (sierra de Córdoba) se formaron durante el Cámbrico en un ambiente de plataforma continental.

Por último, el docente solicita a los equipos que completen el mapa geológico simplificado proporcionado en la sesión anterior utilizando la información obtenida en la salida de campo (sobre la litología de los materiales) y en la actividad previa. Todo ello con el objetivo de que puedan someter a contrastación sus hipótesis de trabajo de una forma más certera utilizando todos los datos disponibles.

Actividad 11: ¿Me lo explicas?			
Sesión: 8	Tipo de actividad: integración	Tiempo: 55 min	
Descripción: debate sobre la validez de las distintas hipótesis de trabajo a la luz de los resultados obtenidos (45 min). Elaboración de un modelo explicativo de la historia geológica del entorno (10 min)			
Contenidos: C1-C8	Objetivos: O1-O8	Estándares de aprendizaje espec. : EA1, EA2, EA6, EA11, EA14-17	C.C.: CMCT, CCL, CSC, CAA
Espacio: laboratorio	Recursos: pizarra blanca		Agrupamiento: gran grupo, grupo pequeño
Evaluación: observación y escala de valoración sobre participación, actitud y comportamiento			

Al comienzo de la sesión, se realiza un rápido resumen del progreso de la investigación hasta este punto. A continuación, se abre un debate entre los grupos en el que se discuta qué datos concretos de entre los obtenidos hasta el momento permiten rechazar algunas de las hipótesis de trabajo propuestas o parte de ellas. Es crucial dedicar tiempo a este debate y fomentar el diálogo crítico en el mismo para que los alumnos puedan beneficiarse de que la interpretación de un mismo conjunto de datos a la luz de diferentes hipótesis de trabajo conlleva frecuentemente la evolución de dichas formulaciones iniciales en el proceso de construcción científica. Además, sería oportuno que el docente subrayase que este tipo de discrepancias ocurre continuamente en el seno de la comunidad científica al publicarse nuevos resultados, lo que suele provocar la confrontación entre diferentes posturas interpretativas sobre los datos disponibles en un momento dado. Así, tanto la fiabilidad de los datos utilizados como la solidez conceptual de la interpretación de los mismos se someten a un escrutinio por toda la comunidad científica interesada y no solo por el grupo que produce un trabajo de investigación dado.

Algunos ejemplos de preguntas que el docente podría emplear para dinamizar el debate son:

- Hemos observado grandes diferencias entre las rocas presentes en la sierra y en la campiña, tanto en cuanto al tipo de materiales como a su edad: ¿qué premisas de las hipótesis de trabajo que habéis estado manejando pueden rechazarse en base a estas diferencias?
- Las rocas del Cámbrico se muestran más plegadas que los materiales del Cenozoico: ¿diríais que han sido sometidas al mismo tipo de deformaciones tectónicas?

- Las rocas del Cámbrico se formaron en un ambiente de plataforma continental: ¿cómo emergieron esas rocas? ¿lo hicieron del mismo modo que los materiales cenozoicos?

Por otra parte, en el debate también deberían de tratarse aquellas premisas de las hipótesis de trabajo que potencialmente no hayan podido ser contrastadas por falta de datos que lo permitan: ¿Qué tipo de datos serían necesarios? ¿Podrían obtenerse por medio de una investigación escolar?

Una vez que el docente haya constatado que los alumnos han asumido la modificación de algunas de las hipótesis de partida como resultado del proceso de contrastación, se emplaza a los equipos a que comiencen a elaborar una explicación sobre la historia geológica de la región que responda a la pregunta inicial utilizando todos los conocimientos acumulados. Es decir, a partir de este punto, los grupos de trabajo no tienen porqué seguir atados a sus hipótesis de partida. Se enfatiza en que el modelo explicativo presentado tenga en cuenta tanto procesos geológicos generadores de relieve como aquellos que lo modelan, así como que preste especial atención al lugar que ocupan en la escala de tiempo geológico cada uno de los procesos geológicos incluidos. Igualmente, se debe aclarar que se valorará positivamente que se justifiquen los procesos geológicos recogidos en el modelo explicativo en base a observaciones y resultados concretos obtenidos en el proceso indagativo previo. También se debe comunicar a los alumnos que es posible que falte información (y, de hecho, falta) que permita elaborar una historia detallada desde el Cámbrico hasta el Holoceno, pero que esto no debe ser un obstáculo para que traten de proponer una explicación ajustada a la realidad. Por último, se informa a los equipos de que deben incluir en su explicación el corte geológico derivado de la misma a modo de síntesis.

<u>Actividad 12: Y, por último, el río</u>			
Sesión: 9	Tipo de actividad: integración		Tiempo: 55 min
Descripción: visualización de una animación sobre la formación de las terrazas fluviales (5 min). Elaboración del modelo explicativo sobre la historia geológica del entorno (50 min)			
Conten.: C1-C8	Objetivos: O1-O8	Estándares de aprendizaje espec.: EA2, EA6-7, EA11, EA14-17, EA19	C.C.: CMCT, CD, CSC, CLL, SIE
Espacio: laboratorio	Recursos: ordenador portátil del docente, TV inteligente; pizarra blanca; iPads privados de los alumnos, animación sobre terrazas fluviales		Agrupamiento: grupo pequeño, gran grupo
Evaluación: observación y escala de valoración sobre participación, actitud y comportamiento			

Al comienzo de la última sesión se atiende a las dudas respecto a la elaboración del modelo explicativo sobre la historia geológica del entorno. Cuando sea conveniente, estas dudas se tratan en gran grupo para que todos los equipos puedan beneficiarse de ello. En particular, se intentará proporcionar alguna pista referente a los procesos que formaron, plegaron y elevaron las rocas que conforman el Macizo Ibérico, que incluye las elevaciones de Sierra Morena más cercanas a la ciudad. Del mismo modo, se tratará de aclarar el motivo de la falta de materiales de la mayor parte del Paleozoico y de todo el Mesozoico en el entorno cercano a la ciudad. Si los alumnos no han llegado a tener en cuenta estos aspectos, el docente los sacará a la luz a través de preguntas mediadoras. De hecho, el origen del Macizo Ibérico es un buen ejemplo de cómo a través de la historia de la Tierra el baile de continentes y la apertura y cierre de cuencas oceánicas pueden influir en la formación del relieve geográfico de una región. Este punto merece por parte del profesor una breve explicación utilizando ilustraciones o material multimedia.

Por otra parte, y a modo de guía, se recuerda a los alumnos que el trabajo que realizaron en la resolución de los diferentes cortes geológicos durante las primeras sesiones, en el que tuvieron que aplicar los diferentes principios de la estratigrafía y emplear de forma coherente la tabla de tiempo geológico, les puede ser de gran utilidad para interpretar en base a los datos disponibles cómo se ha conformado geológicamente el entorno, ya que la explicación que formulen debe ser también compatible con dichos principios geológicos. También se les indica que, a partir de ese momento, pueden hacer búsquedas bibliográficas para complementar alguno de los elementos teóricos necesarios para construir su modelo explicativo, pero que han de evitar en la medida de lo posible realizar búsquedas sobre la solución del problema en sí. Para minimizar esto, se podría construir una colección variada de documentos reales (artículos científicos, documentos de divulgación, vídeos, etc.) que se compartiese con los alumnos a través de *Google Classroom* o *Dropbox* para que buscasen la información pertinente, dándoles además la posibilidad de emplear criterios de eficacia y fiabilidad en dicha búsqueda.

A continuación, se visualiza una breve animación explicativa sobre el modelado fluvial del paisaje (IES Dr. Fernández Santana, s.f.) que ayudará a entender a aquellos alumnos que no lo hayan considerado aún el lugar que ocupa la instalación de la red fluvial en la historia geológica de la región, así como el modo en el que se formaron las terrazas fluviales. Tras resolver dudas referentes a este punto, se anima a los equipos a que sigan trabajando en la elaboración del modelo explicativo y en la

redacción del informe de investigación. Finalmente, se emplaza a los equipos de trabajo a que envíen sus informes al docente en el plazo previamente determinado.

A modo de conclusión sobre cuál debe ser el resultado de la investigación escolar en respuesta a la pregunta inicial, merece la pena subrayar que el resultado será adecuado siempre que esté construido en base a los elementos del trabajo científico que fundamentan el modelo por investigación dirigida expuestos en la sección anterior. Es decir, distintos modelos explicativos –aun siendo parciales– podrán ser válidos si sus premisas están justificadas y, especialmente, si han evolucionado a través de la formulación y contrastación de hipótesis y la posterior interpretación de resultados. Todo ello dentro del marco teórico disponible por los alumnos. Más aun, esta propuesta didáctica no pretende proporcionar ni todos los datos ni todas las herramientas conceptuales o procedimentales que se necesitarían para elaborar la historia geológica de la región asumida actualmente por la comunidad científica. Simplemente una versión simplificada apta para los alumnos de Bachillerato.

Se recomienda que en una sesión posterior a la entrega de los informes y una vez que estos ya hayan sido evaluados por el docente, se haga mención a aquellos aspectos de la metodología científica que hayan sido desarrollados de forma deficiente por los alumnos en sus trabajos y la forma en la que dichos aspectos podrían haberse enfocado mejor. También se sugiere que se presente una versión resumida de la historia geológica de la región utilizando los diagramas recogidos en el documento “Córdoba, hace 10 millones de años...” (Camas y González, 2016).

3.3.6 Evaluación del aprendizaje

Siguiendo tanto las recomendaciones de expertos en didáctica de las ciencias experimentales (Sanmartí, 2007) como las indicaciones recogidas en la normativa estatal y autonómica vigente sobre la evaluación del hecho educativo, se propone que la evaluación de los aprendizajes en la presente propuesta de intervención sea continua y con carácter formativo y formador, de modo que permita modificar en base a necesidades de mejora los procesos de enseñanza-aprendizaje. Por otra parte, el acompañamiento que el docente ha de brindar al alumno durante el desarrollo de una propuesta educativa según el modelo por investigación dirigida proporciona el contexto perfecto para que se consiga una evaluación como la mencionada.

La concreción de la evaluación del aprendizaje se ha de basar en la comprobación del grado de adquisición de las competencias clave y el logro de los objetivos didácticos propuestos. Para ello, se tomarán como referentes los criterios de evaluación y su concreción en los estándares de aprendizaje evaluables específicos. Teniendo estos elementos en cuenta, se han diseñado instrumentos de evaluación que recogen indicadores de logro graduados, ya sea en forma de escalas de valoración o de rúbricas.

En particular, se propone que el desempeño diario de cada alumno en clase se evalúe mediante la observación directa y el empleo de una escala de valoración. A grandes rasgos, de este modo se valorará la actitud del alumno, su comportamiento, su participación en puestas en común, lluvias de ideas y debates, su implicación en las tareas realizadas a nivel de grupo pequeño, su actuación durante la salida de campo y su progreso en el manejo de los elementos del trabajo científico. En el anexo 9, se muestra la escala de valoración diseñada para evaluar el trabajo continuo a nivel individual. Por otra parte, el aprendizaje de los conocimientos necesarios para la resolución de cortes geológicos se evaluará mediante el análisis de las fichas realizadas por cada alumno y la escala de valoración recogida en el anexo 10. Finalmente, la adquisición de las dimensiones competenciales asociadas al trabajo científico, así como el aprendizaje de conceptos, principios y, sobre todo, procedimientos de la geología necesarios para la resolución de la situación problemática presentada se valorarán de forma más precisa mediante el análisis del informe final de la investigación y la rúbrica mostrada en la tabla 3. Esta última evaluación se realizará a nivel de cada equipo.

Respecto a los criterios de calificación, se propone que el peso del informe de la investigación en la calificación final de cada alumno sea del 50%; el del trabajo continuo de clase, del 40%; y el de la resolución de los cortes geológicos, del 10%. Para superar la evaluación, la calificación de cada parte deberá ser igual o superior a una nota de 5 sobre 10. En caso de que no se supere la evaluación, se sugiere que la recuperación consista en la realización de una prueba escrita en la que los alumnos deban resolver varios problemas sencillos relacionados con la metodología científica, la interpretación de la historia geológica de una región y el tipo de información que se puede obtener a partir de una excursión al entorno.

Tabla 3. Rubrica para evaluar y calificar el informe final de la investigación. Los porcentajes indicados junto a cada nivel de ejecución se han de aplicar al valor mostrado junto al enunciado del indicador correspondiente. La calificación final se calcula mediante la suma de los valores parciales así obtenidos.

Indicador de logro	Insuficiente (10%)	Suficiente (50%)	Notable (75%)	Sobresaliente (100%)
Identifica el problema en su contexto teórico (0,8)	No reconoce el marco teórico de la situación problemática	Identifica algunos fundamentos teóricos asociados al problema	Identifica la mayor parte de los fundamentos teóricos relacionados con el problema	Acota el problema en relación con todos los conocimientos sobre geología que ya debe poseer
Formula hipótesis utilizando el marco teórico (0,8)	No incluye una hipótesis de trabajo en el informe	Propone una hipótesis pobemente desarrollada o insuficientemente relacionada con el marco teórico	Formula una hipótesis en base al marco teórico, pero no incluye predicciones de la misma	Propone una hipótesis bien desarrollada en base al marco teórico y predice ciertas observaciones derivadas de la misma
Elabora estrategias de contrastación compatibles con el marco de la investigación (0,8)	No considera una estrategia de contrastación de hipótesis	Propone una estrategia de contrastación inviable o alejada del marco teórico	Propone una estrategia de contrastación adecuada según el marco teórico, pero parcialmente inviable	Concreta una estrategia de contrastación adecuada en relación con el marco teórico y factible en base a los recursos disponibles
Registra observaciones y datos de manera organizada y rigurosa (0,8)	No incluye datos u observaciones relevantes	Documenta algunos de los datos obtenidos y observaciones realizadas	Documenta la mayor parte de los datos y observaciones importantes de una manera clara	Documenta todas las observaciones y datos (tanto de campo como obtenidos en el aula o en casa) de manera rigurosa y organizada
Establece un modelo explicativo en base a los resultados obtenidos en el trabajo (0,8)	Desarrolla un modelo explicativo no apoyado por los resultados clave obtenidos en el trabajo	Establece un modelo explicativo en base a algunos resultados relevantes	Propone un modelo explicativo en base a la mayor parte de los resultados obtenidos	Desarrolla un modelo explicativo con profundidad en base a todos los resultados obtenidos
Considera los principios de la estratigrafía para interpretar la historia geológica del entorno (0,55)	Hace un uso pobre de los fundamentos de la estratigrafía para proponer el modelo sobre la historia geológica del entorno	Se apoya en ciertos principios estratigráficos, de forma que alguno de ellos no está justificado de manera clara	Considera los principios de la estratigrafía para proponer un modelo explicativo. En ocasiones estos aparecen solo de forma implícita	Incluye y se apoya explícitamente en los principios de la estratigrafía para proponer un modelo sobre la historia geológica del entorno
Considera la datación basada en fósiles guía para interpretar la historia geológica del entorno (0,55)	Identifica pocos fósiles guía o no extrae de forma correcta la información derivada para datar las rocas del entorno	Identifica correctamente algunos fósiles guía y se apoya parcialmente en la información derivada para datar algunas rocas	Identifica correctamente todos los fósiles guía y se apoya parcialmente en la información derivada para datar las diferentes rocas	Identifica correctamente todos los fósiles guía y emplea esta información de manera adecuada para la datación de las diferentes rocas

Maneja adecuadamente la escala de tiempo geológico (0,55)	No incluye información relativa al periodo en el que pudieron ocurrir los fenómenos geológicos que propone en su explicación	Razona, en ocasiones de manera incorrecta, el periodo geológico en el que pudieron ocurrir la mayor parte de los fenómenos propuestos en su modelo	Razona el periodo geológico en el que pudieron ocurrir la mayor parte de los fenómenos propuestos en su modelo	Razona una secuencia de fenómenos geológicos para los que indica el periodo más probable en el que sucedieron según la tabla de tiempo geológico
Interpreta los datos obtenidos para identificar los ambientes sedimentarios en los que se formaron las rocas (0,55)	No identifica ninguno de los ambientes sedimentarios relevantes para la interpretación de la historia geológica del entorno	Razona de forma adecuada los ambientes sedimentarios en los que se formaron los materiales cámbicos o los miocenos	Razona de forma adecuada los ambientes sedimentarios en los que se formaron los materiales cámbicos y miocenos	Razona de forma adecuada los ambientes sedimentarios en los que se formaron las rocas del entorno en base a los fósiles y estructuras sedimentarias
Identifica el papel de las orogenias en la historia geológica del entorno (0,55)	No tiene en cuenta el papel de las orogenias en la explicación de la historia del entorno	Alude solo de forma implícita al papel de las orogenias en su modelo sobre el entorno	Identifica correctamente el papel de una de las dos orogenias en la historia del entorno	Identifica correctamente el papel de las dos orogenias en la historia geológica del entorno
Interpreta el papel de la erosión fluvial en el modelado del paisaje (0,55)	No reconoce el papel del río en el modelado del paisaje	Refleja que el río es importante en la configuración del paisaje, pero no concreta cómo	Propone un papel para el río en el modelado del paisaje, pero sin concretar la formación de las terrazas fluviales	Refleja de forma correcta el modo por el que el río ha modelado el paisaje durante el Cuaternario
Valoración personal: reconoce el carácter evolutivo de la construcción científica (0,8)	No muestra en el documento ningún indicio de reconocer el carácter evolutivo del conocimiento científico	No realiza una reflexión explícita sobre cómo han evolucionado sus conocimientos a través de la investigación escolar	Alude al cambio que han sufrido a través de la investigación sus conocimientos, pero no lo contrasta con la construcción científica real	Reflexiona sobre cómo sus conocimientos han evolucionado a lo largo de la investigación y lo compara con la construcción científica real
Utiliza criterios de fiabilidad para la búsqueda de información en internet (0,55)	No añade ningún tipo de referencias bibliográficas en el informe	Incluye información proveniente de fuentes bibliográficas, pero que no son relevantes para la investigación	Incluye información relevante, pero en algunos casos de fuentes bibliográficas no primarias	Incluye información procedente de referencias bibliográficas pertinentes que se citan de forma adecuada
Comunica los resultados de la investigación con claridad y rigor usando las TIC (0,8)	Muestra una redacción confusa y hace un uso poco creativo de las TIC	No hace un uso adecuado de términos específicos importantes en la investigación	Emplea un lenguaje correcto, pero hace un uso poco creativo de las TIC	Emplea un lenguaje multi-formato preciso y claro mostrando un adecuado manejo de las TIC
Estructuración del informe y formato (0,55)	Apartados importantes apenas se han desarrollado y el formato empleado no es el solicitado	Algún apartado clave no se ha desarrollado suficientemente y utiliza un formato diferente al solicitado	Desarrolla todos los apartados, aunque el formato no está cuidado al detalle	Presenta todos los apartados con una profundidad equilibrada y mantiene el formato solicitado

Fuente: elaboración propia.

3.4 Evaluación de la propuesta

Para autoevaluar la presente propuesta de intervención se han analizado de manera crítica los factores de origen interno y externo que deben facilitar el desarrollo de la propuesta y la adquisición de los objetivos didácticos planteados (fortalezas y oportunidades, respectivamente) y aquellos que pueden ir en detrimento de su implementación exitosa en el aula (debilidades y amenazas, respectivamente). Dicho análisis se presenta a modo sintético en la matriz DAFO de la tabla 4.

Tabla 4. Autoevaluación de la propuesta de intervención, reflejando fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.

Origen interno		
Factores positivos	Factores negativos	
	Origen interno	Origen externo
<ul style="list-style-type: none"> Empleo de metodologías activas, participativas y motivadoras Promueve la alfabetización científica Situación problemática relacionada con el entorno más inmediato Trabajo cooperativo Permite la creatividad del alumno Integración de contenidos conceptuales y procedimentales Posibilidad de apreciar el entorno desde un nuevo punto de vista Flexibilidad en la duración de las sesiones según el progreso de la investigación Salida al medio de fácil organización y ejecución Recursos de fácil adquisición Retroalimentación de doble vía continua en el aula Evaluación formativa y formadora 	<ul style="list-style-type: none"> Alto grado de compromiso por parte de los alumnos y del docente Falta de participación del alumnado en el diseño de ciertos aspectos de la investigación Possible falta de relevancia del problema tratado para los alumnos Secuencia rígida de actividades No se atienden a las conexiones CTS Uso no muy creativo de las TIC Nivel elevado de conocimientos del docente sobre la temática en cuestión Falta de familiaridad de los alumnos con investigaciones dirigidas Necesidad de emplear un mayor número de sesiones que con una metodología más tradicional Possible resolución anticipada del problema mediante búsqueda de información 	Factores negativos
<ul style="list-style-type: none"> Normativa favorable para el empleo de las metodologías propuestas Centro educativo con líneas pedagógicas innovadoras Entorno con un patrimonio geológico de fácil accesibilidad Comunidad local interesada por su entorno natural Posibilidad de desarrollar la unidad a modo interdisciplinar con docentes del área de geografía e historia Existencia de recursos externos ya diseñados con finalidad divulgativa Familias de los alumnos con alto grado de cooperación con el centro 	<ul style="list-style-type: none"> Dificultad para coordinar la salida con otros docentes al coincidir potencialmente con un periodo de evaluación Necesidad de un entorno geológico favorable para la exportabilidad de la propuesta a otras localidades Potenciales percances durante la salida al entorno 	
Origen externo		

Fuente: elaboración propia.

Este tipo de análisis es de gran ayuda en la planificación de estrategias que puedan ejecutarse para corregir las debilidades y evitar las amenazas, así como para mantener las fortalezas y aprovechar las oportunidades. No obstante, sería conveniente realizar el análisis de nuevo una vez que la propuesta se haya podido desarrollar en el aula para confirmar si los elementos detectados siguen siendo significativos o si han aparecido algunos nuevos.

Por otra parte, tras finalizar el desarrollo en el aula de la secuencia didáctica, se sugiere realizar una encuesta de satisfacción entre los alumnos para conocer su opinión con respecto a la metodología empleada, la temática del problema investigado, las actividades didácticas, la utilidad de la salida al medio y el sistema de evaluación (ver anexo 11). La finalidad de esta herramienta es poder mejorar aquellos aspectos de la propuesta que puedan generar mayores dificultades entre los alumnos o que no consigan su motivación.

4 CONCLUSIONES

A través del estudio de la situación actual de la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria se ha podido detectar que existe un importante margen de mejora en cuanto a la implementación de la competencia científica en nuestras aulas; especialmente de aquellas dimensiones competenciales asociadas con la naturaleza de la ciencia, las herramientas del trabajo científico y las relaciones ciencia-tecnología-sociedad. No podemos obviar que una ciudadanía alfabetizada científicamente, entre otras destrezas y valores, estará dotada de herramientas para el pensamiento crítico que le ayuden a tomar decisiones no solo en el ámbito científico y tecnológico sino ante cualquier situación problemática que requiera un abordaje reflexivo sobre sus causas y modos de resolución. En relación con la situación de mejora mencionada, cabría proponer un debate en la comunidad educativa que buscase un equilibrio más adecuado entre los diferentes tipos de contenidos que forman el actual currículo de las asignaturas de Biología y Geología en ESO y Bachillerato. Más allá de está posible priorización de contenidos, en el presente trabajo de fin de máster se ha pretendido diseñar una propuesta de intervención en el aula que permita a los alumnos reconocer, poner en juego y apropiarse de las habilidades del trabajo científico, así como acercarse de una forma activa a las características actuales de la construcción científica.

El análisis de la evolución de la enseñanza de las ciencias durante las últimas siete décadas ha facilitado la comprensión de los fundamentos, beneficios y dificultades de los grandes modelos didácticos empleados en este periodo, de modo que ha permitido constatar que las metodologías didácticas encuadradas en la enseñanza por indagación, además de resultar potencialmente más motivadoras para el alumno, pueden brindar el contexto adecuado para alcanzar las dimensiones competenciales que se han querido desarrollar en esta propuesta. En particular, la selección del modelo por investigación dirigida se ha basado en la posibilidad que ofrece de emular una investigación en un contexto escolar, pero previendo y guiando la evolución conceptual y metodológica de la que puedan beneficiarse los alumnos a lo largo de dicha investigación.

Naturalmente, la temática sobre la que pueda versar una investigación dirigida es muy variada dentro de abanico que ofrecen las materias científicas en la educación secundaria. Para este trabajo, se ha elegido el bloque de contenidos *Historia de la Tierra* de la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato. A pesar de que el estudio de la geología en Bachillerato permite llegar a comprender el medio físico con el que interaccionamos de una forma más profunda e interdisciplinar, el interés de los alumnos (y de ciertas administraciones educativas) por ella ha ido decayendo en los últimos años. Por ello, resulta fundamental que la enseñanza de esta disciplina se renueve. Las recomendaciones de los expertos en este sentido convergen con las propuestas para un mejor desarrollo de la competencia científica en el aula: contenidos más relevantes y contextualizados y fórmulas metodológicas más activas. Nuestra contribución ha sido plantear una investigación escolar sobre la historia geológica del entorno local, que si bien no puede recoger todas las características y fases del trabajo científico (tales como la realización de experimentos o el apoyo habitual de las búsquedas bibliográficas), sí que permite abordar una situación problemática mediante un tratamiento científico e integrar una salida al entorno como parte de la estrategia de resolución. La importancia de la salida al medio en esta propuesta es que pretende acercar los fenómenos geológicos a los alumnos: desde las profundas fosas oceánicas y los temporalmente inabarcables procesos de sedimentación y formación de rocas hasta una agradable excursión por su ciudad. Es decir, hacerlos conscientes de que, al igual que en el resto de las disciplinas científicas, los fenómenos naturales explicados por la geología también están presentes y pueden ser observados en su entorno inmediato. En este sentido, es de destacar la labor de ciertas instancias, como el Instituto Geológico y Minero de España y la Sociedad Geológica de España, en la puesta en valor del patrimonio geológico de nuestro país.

A la hora de diseñar la propuesta de intervención, ha sido de gran utilidad tomar en cuenta las consideraciones reflejadas por diferentes investigadores y docentes tanto sobre el desarrollo de una investigación dirigida como sobre la organización y realización de una salida de campo. Esto ha ayudado a que, al menos sobre el papel, la secuencia didáctica propuesta permita hacer un tratamiento integral de los diferentes elementos del trabajo científico, así como mostrar una continuidad entre las distintas fases de la investigación y la salida al entorno. Del mismo modo, se ha pretendido que la forma en la que se han presentado los contenidos seleccionados, la inclusión de actividades en las que el alumno pueda mostrar su pensamiento divergente, el trabajo cooperativo en el seno de los equipos de investigación, la posibilidad de contrastación argumentada de pareceres, la resolución de pequeños problemas a modo de cortes geológicos, la elaboración de un informe final que conduzca a la reflexión, etc., sean elementos de la propuesta que faciliten el triple cambio conceptual, metodológico y actitudinal, así como la adquisición de aprendizajes competenciales, significativos, duraderos y transferibles. También, se han previsto momentos, más allá de la evaluación, para que el docente pueda detectar dificultades y proporcionar retroalimentación y el grado de dirección adecuada, contribuyendo así a mantener un buen nivel de compromiso y motivación entre los alumnos-investigadores.

Para terminar, cabe subrayar que el propio desarrollo de este trabajo de fin de máster ha supuesto una evolución en las concepciones previas del autor sobre la naturaleza y los métodos de la didáctica de las ciencias experimentales, así como su importancia dentro de un contexto social más amplio. En este sentido y como no puede ser de otra manera, queda el deseo de implementar la propuesta en el aula para comprobar su eficacia y utilizar dicha ejecución como punto de partida para futuras mejoras o el diseño de nuevas unidades didácticas que puedan contribuir a la alfabetización científica de nuestros jóvenes.

5 LIMITACIONES Y PROSPECTIVA

Tras una reflexión sobre el progreso del presente trabajo de fin de máster se presentan dos grupos de limitaciones: las que podrían influir en el desarrollo real de la propuesta de intervención en el aula y las que han afectado al desarrollo del trabajo en sí.

Entre los diferentes aspectos de la propuesta que podrían limitar su implementación sostenible en el aula se encuentra el relativamente elevado número de sesiones que la conforman, incluyendo una actividad complementaria como es la salida de campo. Esto es especialmente relevante si se tiene en cuenta que el bloque de contenidos sobre el que se ha diseñado la propuesta cierra otro bloque más amplio, el de geología; de modo que hace probable que la investigación y la salida coincidiesen con un periodo de evaluaciones en el primer o tercer trimestre.

Esta debilidad se podría tratar de afrontar de diversas maneras a distintos niveles:

- Primero, el número propuesto de sesiones es orientativo y solo se podrá ajustar una vez que la unidad se desarrolle en el aula, de forma que se compruebe si el nivel de progreso de los alumnos y la formación y pericia del docente en la guía puedan permitir un número de sesiones menor.
- Segundo, la investigación podría plantearse de manera que cubriese también el bloque de contenidos *Los procesos geológicos y petrogenéticos* (Biología y Geología de 1º de Bachillerato), ya que buena parte del marco teórico en el que se centra la investigación corresponde a los contenidos de dicho bloque. Esto permitiría diseñar una investigación escolar con un número de sesiones más equilibrado que flotase sobre varias unidades didácticas consecutivas y a la vez poder hacer un manejo más eficaz de la importancia de la tectónica de placas en la explicación de la configuración del relieve.
- Tercero, la investigación podría adaptarse a la asignatura de Geología de 2º de Bachillerato, de manera que pudiese ampliarse con una última fase en la que se trabajasen las aplicaciones de los aprendizajes adquiridos en los campos de los riesgos y recursos geológicos del entorno.
- Cuarto, en búsqueda de su sostenibilidad, la investigación podría diseñarse como parte de un proyecto interdisciplinar junto con el área de geografía e historia, de modo que se interpretase, por ejemplo, la relación entre la historia geológica de una región (y del entorno local en particular) y sus recursos económicos o su patrimonio cultural.

Un segundo aspecto de la propuesta que podría condicionar su éxito es el hecho de que no se ha planteado una salida al entorno ambiciosa. El motivo ha sido la búsqueda de una armonía entre las diferentes fases de la investigación, quizás con la contrapartida de dificultar la correcta interpretación de ciertos elementos del relieve o de no poder cumplir con las expectativas de los alumnos con respecto a la identificación de algún fósil en el terreno. Esto podría evitarse si la salida se ejecutase como una actividad extraescolar de mayor duración y contando con el apoyo adicional de otro docente que además tuviese los conocimientos adecuados sobre la localización e identificación de fósiles en el entorno.

Respecto a las limitaciones que han afectado al desarrollo del trabajo de fin de máster, cabe mencionar que no se ha podido encontrar un gran número de investigaciones sobre las variables que afectan significativamente a la eficacia del modelo por investigación dirigida en la enseñanza-aprendizaje de la geología en educación secundaria. El presente trabajo podría haberse beneficiado mucho de este tipo de estudios. De este modo, una clara línea futura de actuación sería la realización de una investigación sobre los aspectos de la presente propuesta que efectivamente tengan una influencia positiva en la adquisición de las competencias marcadas y en la capacidad de atraer el interés de los alumnos hacia la geología en particular y hacia las ciencias en general.

Por último, el hecho de que una parte fundamental del trabajo de fin de máster, como es la propuesta de intervención, se planifique y concrete de una forma completamente teórica hace que surjan dudas importantes respecto a la idoneidad de muchos de sus elementos en un contexto real de aula. Quizás el esfuerzo que supone la elaboración de una propuesta didáctica de cierta extensión y profundidad, justificada y respaldada por un marco teórico, sería más satisfactorio si tal elaboración se pudiese realizar en el marco de unas prácticas en un centro de educación. Es decir, que la observación de lo que acontece en el aula y el intercambio más fluido de opiniones con docentes y alumnos pudiera orientar la elaboración de una propuesta menos teórica que tuviese como finalidad su implementación durante dichas prácticas. En este sentido, cabría sugerir un cambio en la normativa que promoviese una reorganización de los estudios del Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas para que las competencias que se pretenden alcanzar a través de las prácticas y del trabajo de fin de máster se complementasen y se maximizase el logro de dichas competencias.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16.
- Aguilera, D. (2018). La salida de campo como recurso didáctico para enseñar ciencias. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 15(3), 3103.
- Banet, E. (2011). The goals of secondary school science education: Educational research and teachers' opinions. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 28(2), 199-213. Recuperado de <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v28n2.165>
- Bell, R. L., Smetana, L. y Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.
- Burbules, N. C. y Linn, M. C. (1991). Science education and philosophy of science: Congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13(3), 227-241. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/0950069910130302>
- Bybee, R. W. (1997). Towards an understanding of scientific literacy. En W. Graeber y C. Bolte, (Eds.), *Scientific Literacy: An international symposium* (pp. 37-68). Kiel: IPN.
- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. En M. P. Jiménez, (Coord.), *Enseñar ciencias* (pp. 95-118). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=303184>
- Calonge, A. (2013). Estado actual de la Enseñanza de la Geología. *Macla: revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 17, 11-12.
- Calonge, A., Fermeli, G., Meléndez Hevia, G. y Martínez, J. A. (2014). Proyecto GEOSchools: reflexiones sobre la geología en la Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Geogaceta*, 55, 99-102.
- Cousó, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: Una reflexión crítica. En M. A. de las Heras et al., (Coords.), *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: un reto emocionante. XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 1-28). Huelva: Universidad de Huelva.
- Del Carmen, L. y Pedrinaci, E. (1997). El uso del entorno y el trabajo de campo. En L.

- del Carmen, (Coord.), *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria* (pp. 133-154). Barcelona: ICE, Universidad de Barcelona.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 6(2), 109-120.
- Driver, R. y Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*, 13(1), 105-122. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/03057268608559933>
- European Commission. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- García de la Torre, E. (1991). Recursos en la enseñanza de la Geología: La Geología del campo. *Investigación en la Escuela*, 13, 85-93. Recuperado de <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/59375>
- García, S. y Martínez, C. (2011). La estrategia de enseñanza por investigación: Actividades y secuenciación. En P. Cañal, (Coord.), *Didáctica de la Biología y la Geología* (pp. 109-128). Barcelona: Graó.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 1(1), 26-33.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 11(2), 197-212.
- Gil, D., Alís, J. C., Dumas-Carré, A., Furió-Mas, C., Badillo, R. G., Gené, A., ... Valdés, P. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(3), 503-512.
- Gil, D. y Carrascosa, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7(3), 231-236. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/0140528850070302>
- Gil, D., Furió-Mas, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez, J., Aranzabal, J. G., ... Carvalho, A. M. P. de. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y

- realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(2), 311-320.
- Gil, D. y Martínez-Torregrosa, J. (1986). La resolución de problemas como instrumento de cambio metodológico. *Educación Abierta*, 66, 31-59. Recuperado de <https://doi.org/10.13140/2.1.2680.0326>
- Hernández-Arnedo, M. J. (2011). Experiencias prácticas en la enseñanza de la Geología. En P. Cañal, (Coord.), *Biología y geología: investigación, innovación y buenas prácticas* (pp. 101-120). Barcelona: Graó. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3659343>
- Hidalgo, A. J. y Otero, J. (2004). An analysis of the understanding of geological time by students at secondary and post-secondary level. *International Journal of Science Education*, 26(7), 845-857. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/0950069032000119438>
- Hodson, D. (1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72(1), 19-40. Recuperado de <https://doi.org/10.1002/sce.3730720103>
- Ibáñez, M. T. (2004). *Aplicación de una metodología de resolución de problemas como una investigación para el desarrollo de un enfoque ciencia-tecnología-sociedad en el currículo de biología de educación secundaria*. (Tesis doctoral). Universidad Complutense, Madrid. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/4635/>
- IES Averroes. (s.f.). *Estudio de campo del valle del Guadalquivir en Córdoba*. Recuperado de http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-stic/14002984/helvia/aula/archivos/repositorio/2500/2676/cuaderno_campo_completo.pdf
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Sanmartí, N. y Couso, D. (2011). Reflexiones sobre la ciencia en edad temprana en España: La perspectiva de la enseñanza de las ciencias. En Confederación de Sociedades Científicas de España (Ed.), *Informe ENCIENDE: Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España* (pp. 57-74). Madrid: Rubes Editorial.
- Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (1999). *Aprender juntos y solos*. Buenos Aires: Aique.
- Ley 17/2007, de 10 de diciembre, de *Educación de Andalucía*. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 252, de 26 de diciembre de 2007.

Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, *de Educación*. Boletín Oficial del Estado, 106, de 4 de mayo de 2006.

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, *para la mejora de la calidad educativa*. Boletín Oficial del Estado, 295, de 10 de diciembre de 2013.

Martínez-Torregrosa, J., Domènec, J. L., Menargues, A. y Romo, G. (2012). La integración de los trabajos prácticos en la enseñanza de la química como investigación dirigida. *Educación Química*, 23, 112-126. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30143-X](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30143-X)

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. (2019). Estadísticas universitarias. Recuperado de <https://www.educacionyfp.gob.es/servicios-al-ciudadano/estadisticas/universitaria/estadisticas.html>

OECD. (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing. Recuperado de <https://doi.org/10.1787/19963777>

Orden de 14 de julio de 2016, *por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado*. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 145, de 29 de julio de 2016.

Orden ECD 65/2015, de 21 de enero, *por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato*. Boletín Oficial del Estado, 25, de 29 de enero de 2015.

Pedrinaci, E. (2011). ¿Qué ciencia enseñar? Entre el currículo y la programación del aula. En P. Cañal, (Coord.), *Didáctica de la Biología y la Geología* (pp. 49–70). Barcelona: Graó.

Pedrinaci, E. (2012). Trabajo de campo y aprendizaje de las ciencias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 71, 81-89.

Pedrinaci, E. (2014). La Geología en la Educación Secundaria: Situación Actual y Perspectivas. *MacLa: revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 14, 32-37.

Pedrinaci, E. y Gil, C. (2011). El currículo de Ciencias de la naturaleza, Biología y Geología en la ESO: Propuestas para el aula. En P. Cañal, (Coord.), *Biología y Geología: complementos de formación disciplinar* (pp. 143–166). Barcelona: Graó.

- Pedrinaci, E., Sequeiros, L. y García de la Torre, E. (1994). El trabajo de campo y el aprendizaje de la Geología. *Alambique: Didáctica de las Ciencias experimentales*, 2, 37-45.
- Perales, F. J. (1998). La resolución de problemas en la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista Educación y Pedagogía*, 10(21), 119-143.
- Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 16(1), 175-186.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. y Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
Recuperado de <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Ramírez, J. L., Gil, D. y Martínez-Torregrosa, J. (1994). *La resolución de problemas de física y de química como investigación*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.
Recuperado de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/2779>
- Real Decreto 1105/2004, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín oficial del Estado, 3, de 3 de enero de 2015.
- Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. Diario Oficial de la Unión Europea, 394, de 30 de diciembre de 2006.
- Reyes, J. V. (1992). *La resolución de problemas de química como investigación: Una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico*. (Tesis doctoral). Universidad del País Vasco.
Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=130636>
- Rosa, D. (2016). *Desarrollo de una propuesta didáctica sobre contenidos de ecología en 2º de ESO a partir de situaciones problemáticas abiertas*. (Tesis doctoral). Universidad Complutense, Madrid.
Recuperado de <https://eprints.ucm.es/40345/>
- Rychen, D. S. y Salganik, L. H. (2003). *Key Competencies for a Successful Life and Well-Functioning Society*. Cambridge: Hogrefe Publishing.
- Sanmartí, N. (2007). *10 Ideas Clave. Evaluar para aprender*. Barcelona: Graó.
Recuperado de <https://www.grao.com/es/producto/10-ideas-clave-evaluar>

para-aprender

- Sequeiros, L., Pedrinaci, E. y Berjillos, P. (1996). Cómo enseñar y aprender los significados del tiempo geológico: Algunos ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4(2), 113-119.
- Sjøberg, S. (1997). Scientific literacy and school science. Arguments and second thoughts. En S. Sjøberg y E. Kallerud, (Eds.), *Science, technology and citizenship. The public understanding of science and technology in Science Education and research policy* (pp. 9-28). Oslo: Norwegian Institute for Studies in Research and Higher Education.
- Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 10(1), 1-10. Recuperado de https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.i1.01
- Tal, T. y Morag, O. (2009). Reflective Practice as a Means for Preparing to Teach Outdoors in an Ecological Garden. *Journal of Science Teacher Education*, 20(3), 245-262. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9131-1>
- UNIR. (2018a). *Didáctica de Biología y Geología. Tema 7. Dificultades de aprendizaje asociadas a la enseñanza-aprendizaje de la Biología y la Geología*. Material no publicado.
- UNIR. (2018b). *Didáctica de Biología y Geología. Tema 9. Los problemas, las actividades prácticas y las salidas del aula*. Material no publicado.
- Varela, M. P. y Martínez-Aznar, M. M. (1997). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física: La resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 15(2), 173-188.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Oxford, England: Harvard U Press.

El anexo 12 recoge un listado de las fuentes consultadas sobre la historia geológica de la región. En el anexo 13 se enumeran los documentos electrónicos empleados como recursos en la propuesta de intervención.

7 ANEXOS

7.1 Anexo 1

Cuestionario de detección de ideas previas

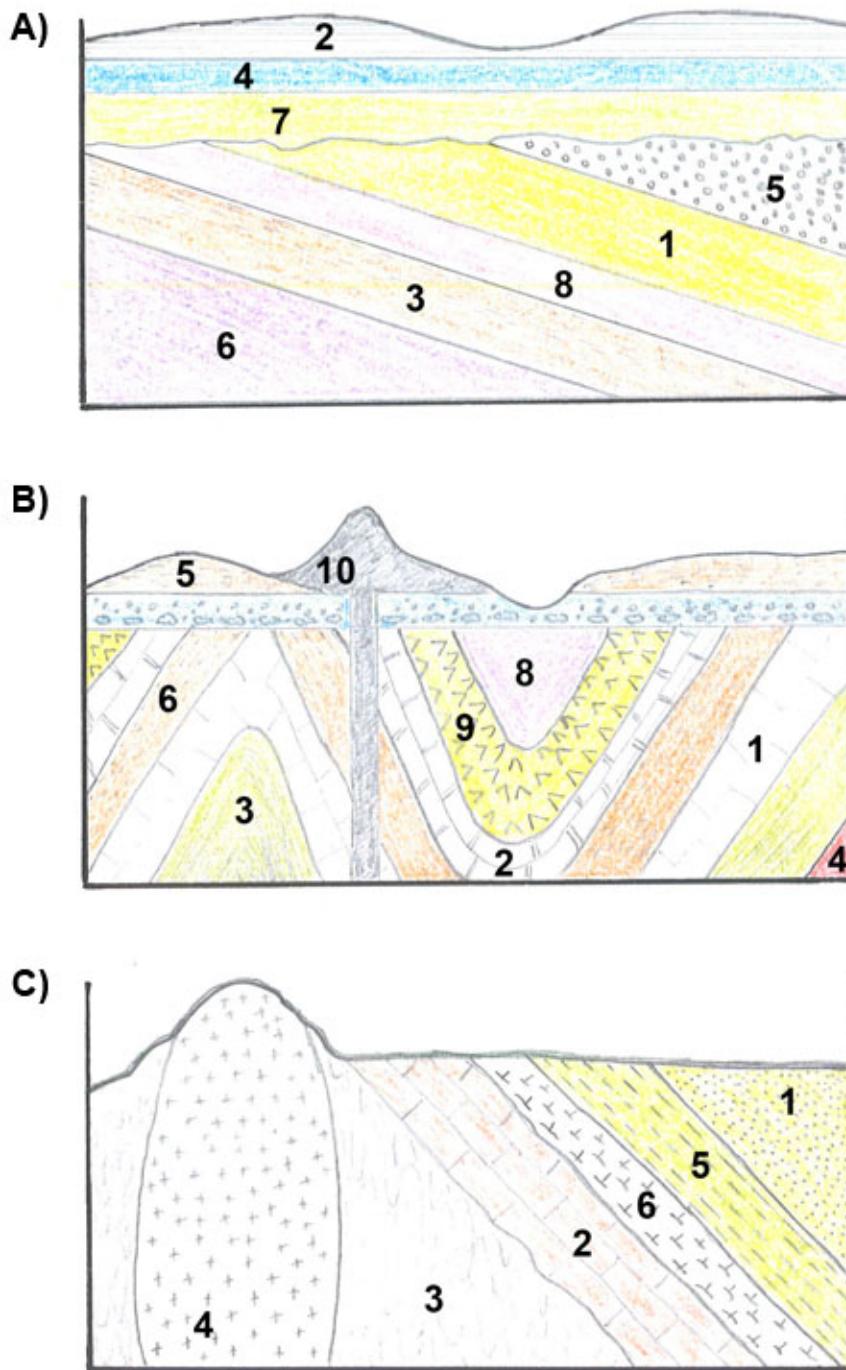
Nombre y apellidos:

Marca una casilla del 1 al 7 según creas que las siguientes afirmaciones son muy correctas (7) o muy erróneas (1)						
1) Los procesos geológicos internos, incluyendo las deformaciones tectónicas, se han encargado de elevar todas las cadenas montañosas de nuestro planeta en los actuales márgenes convergentes de las placas litosféricas.						
1	2	3	4	5	6	7
2) La gran mayoría de las actuales cordilleras y volcanes se formaron al comienzo de la historia de la Tierra, mucho antes de la aparición de la vida en nuestro planeta, y desde entonces no han dejado de menguar debido a la erosión.						
1	2	3	4	5	6	7
3) Se desconoce si antes de la existencia del supercontinente Pangea había placas litosféricas en nuestro planeta y si estas se movían e interaccionaban entre ellas.						
1	2	3	4	5	6	7
4) Las depresiones continentales actuales, como la cuenca del Ebro, se han formado por erosión fluvial de una región previamente más elevada.						
1	2	3	4	5	6	7
5) La teoría de la tectónica de placas nos permite explicar cómo se ha formado el perfil de los continentes actuales a grandes rasgos; sin embargo, esta teoría no explica el modo por el que se han conformado los detalles geográficos de estos continentes, como las penínsulas.						
1	2	3	4	5	6	7
6) Según la tectónica de placas, la corteza oceánica se ha formado y destruido a lo largo de la historia de la Tierra. Sin embargo, la superficie total de corteza continental, aunque se ha fragmentado y vuelto a fusionar mediante colisión, no ha cambiado considerablemente desde que se creó inicialmente en el eón Hádico.						
1	2	3	4	5	6	7

7) Los estudios han mostrado que los procesos geológicos que ocurren en la actualidad son de menor intensidad que los ocurridos durante la formación de los continentes y cuencas oceánicas.						
1	2	3	4	5	6	7
8) Los trabajos científicos en geología tienen la gran limitación de que no proporcionan información sobre en qué momento de la historia de la Tierra han ocurrido los fenómenos geológicos descritos por esta ciencia.						
1	2	3	4	5	6	7
9) Los objetivos del estudio de las rocas de una región son averiguar si hay recursos económicos en forma de yacimientos minerales en esa zona y determinar los posibles riesgos geológicos, como vulcanismo, que puedan afectarla.						
1	2	3	4	5	6	7
10) En geología, los fósiles encontrados en las rocas proporcionan información fundamentalmente sobre cómo ha ocurrido la evolución a lo largo de la historia de la Vida.						
1	2	3	4	5	6	7
11) Los procesos geológicos externos modelan el relieve principalmente en acantilados, desiertos, glaciares y cursos fluviales; mientras que otras áreas continentales, como las cordilleras y las mesetas, están básicamente libres de la acción de los agentes geológicos externos.						
1	2	3	4	5	6	7
12) Las terrazas fluviales típicamente observadas en el curso medio de los grandes ríos son construcciones humanas realizadas desde tiempos prehistóricos para el mejor aprovechamiento agrícola de estas áreas.						
1	2	3	4	5	6	7

7.2 Anexo 2

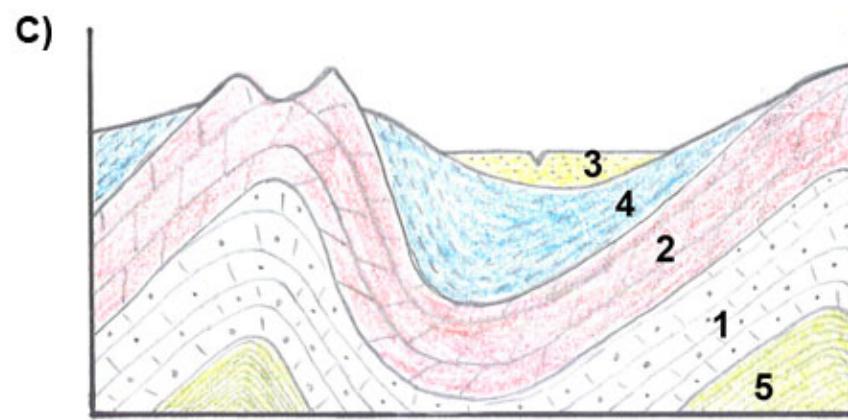
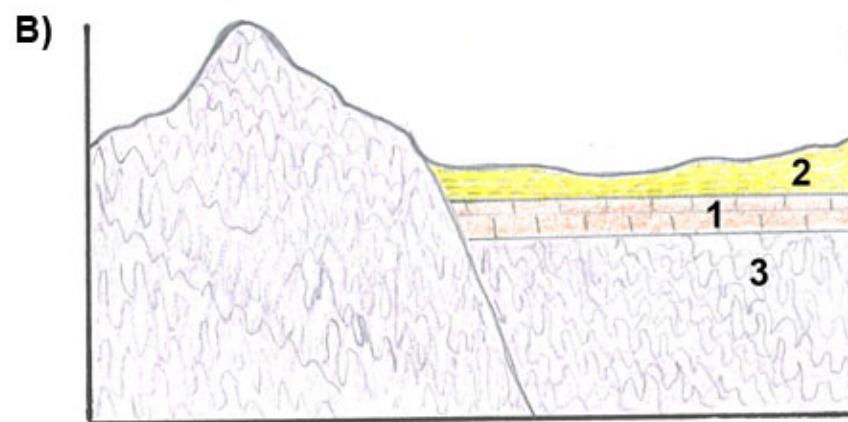
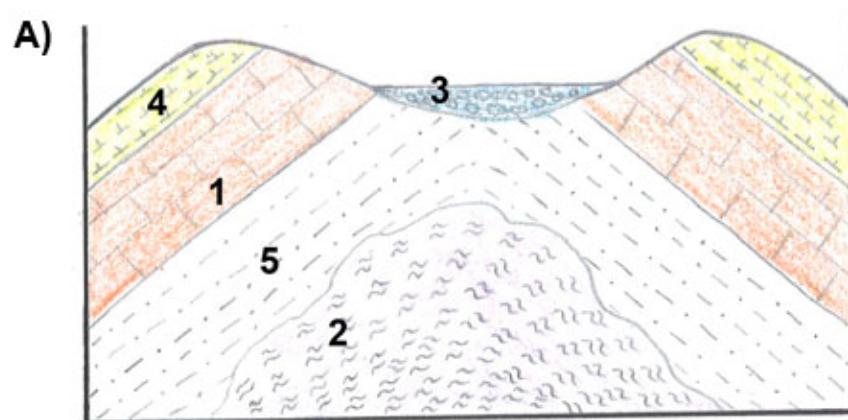
Cortes geológicos para resolver en la actividad 4. Fuente: elaboración propia.



Corte geológico A: 1) arenas; 2) arcillas; 3) margas arenosas; 4) calizas, 5) conglomerados; 6) pizarras; 7) margas.

Corte geológico B: 1) calizas; 2) dolomías; 3) pizarras bituminosas; 4) cuarcitas, 5) arcillas; 6) areniscas; 7) conglomerados; 8) margas; 9) yesos; 10) roca ígnea volcánica.

Corte geológico C: 1) areniscas; 2) calizas; 3) gneises; 4) granito, 5) arcillas; 6) margas calcáreas.



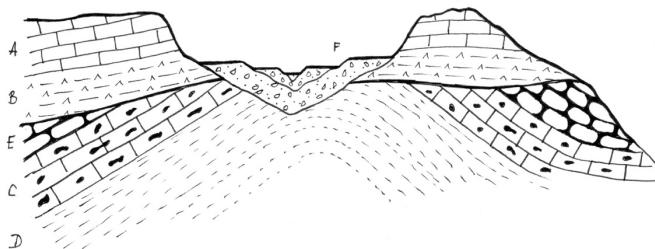
Corte geológico A: 1) calizas; 2) gneises; 3) gravas; 4) margas, 5) lutitas.

Corte geológico B: 1) micacitas; 2) calizas; 3) arcillas.

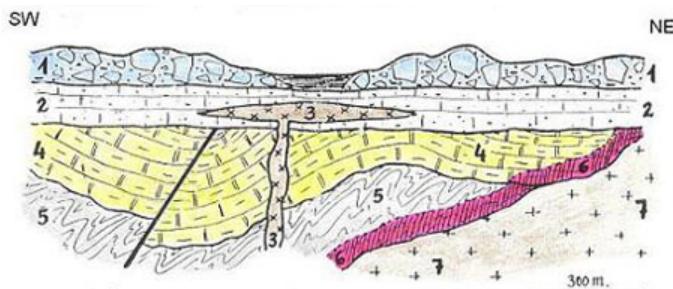
Corte geológico C: 1) cuarcitas; 2) dolomías; 3) arenas; 4) margas arenosas, 5) pizarras.

7.3 Anexo 3

Cortes geológicos de la actividad “El tiempo te dará la respuesta...”. Se pide a los alumnos que reconstruyan la historia geológica de los dos cortes indicando la edad de cada formación rocosa (periodos o épocas) y el nombre de las orogenias que hayan podido deformar los materiales.



A: calizas del Jurásico; **B:** margas y yesos del Triásico; **C:** cuarcitas ordovícicas; **D:** pizarras cámbryicas; **E:** calizas arrecifales del Devónico; **F:** gravas y arenas.



1: morrenas y depósitos lacustres; **2:** calizas arenosas del Paleógeno; **3:** dioritas; **4:** calizas margosas del Cretácico; **5:** pizarras replegadas del Carbonífero; **6:** aureola de metamorfismo de contacto; **7:** granitos.

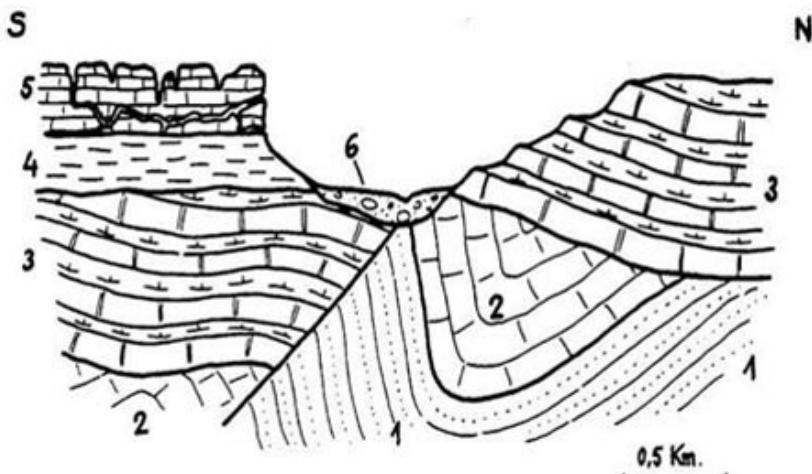
Fuente: los cortes geológicos han sido tomados de la página web del “Colegio Nuestra Señora de la Sabiduría” de Madrid; en particular, de la colección de ejercicios de autoevaluación de la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato accesible desde el enlace:

<http://www.educa.madrid.org/web/cc.nsdelasabiduria.madrid/ejercicios1b.htm>

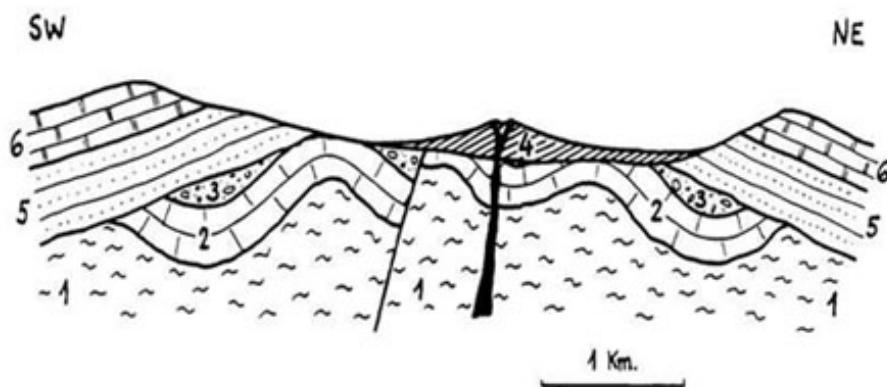
7.4 Anexo 4

Prueba sobre interpretación de cortes geológicos

Reconstruye la historia geológica de los siguientes cortes geológicos: indica cada una de las etapas que han tenido lugar, así como la edad de cada formación rocosa (periodos o épocas) y el nombre de las orogenias que hayan podido deformar los materiales.



1: areniscas cretácicas; **2:** calizas del Cretácico; **3:** alternancia de calizas y margas del Paleógeno; **4:** arcillas del Neógeno; **5:** calizas lacustres; **6:** gravas y arenas.



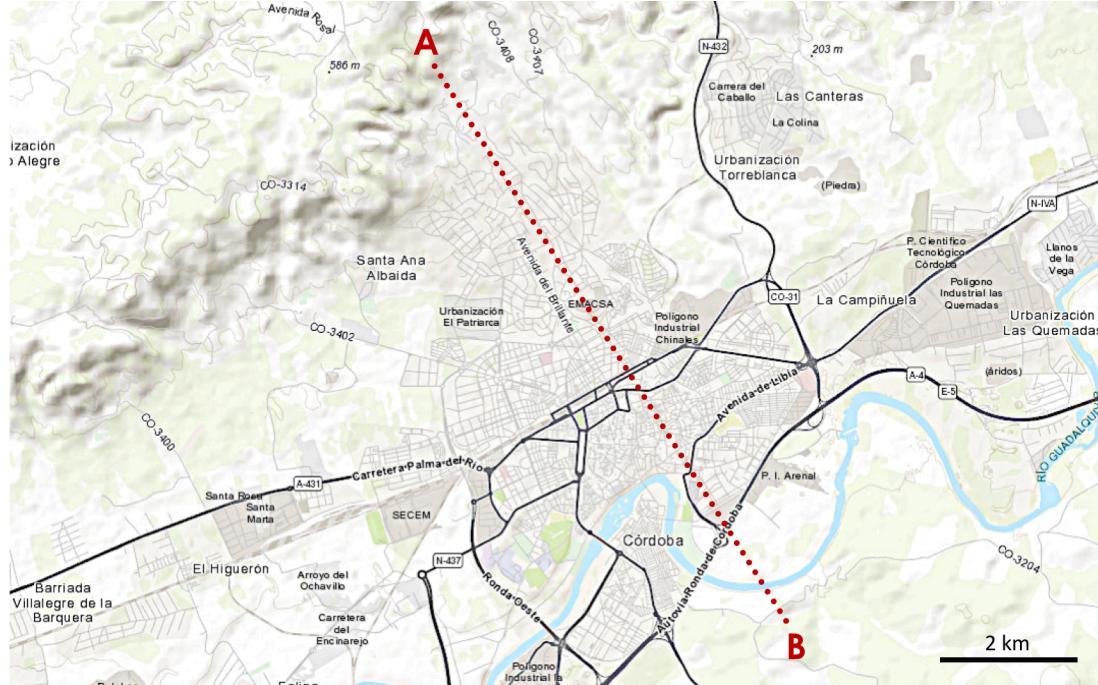
1: gneises precámbricos; **2:** calizas del Carbonífero; **3:** conglomerados del Pérmico; **4:** andesitas; **5:** arenas del Triásico; **6:** calizas del Jurásico.

Fuente: los cortes geológicos han sido tomados de la página web del “Colegio Nuestra Señora de la Sabiduría” de Madrid; en particular, de la colección de ejercicios de autoevaluación de la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato accesible desde el enlace:

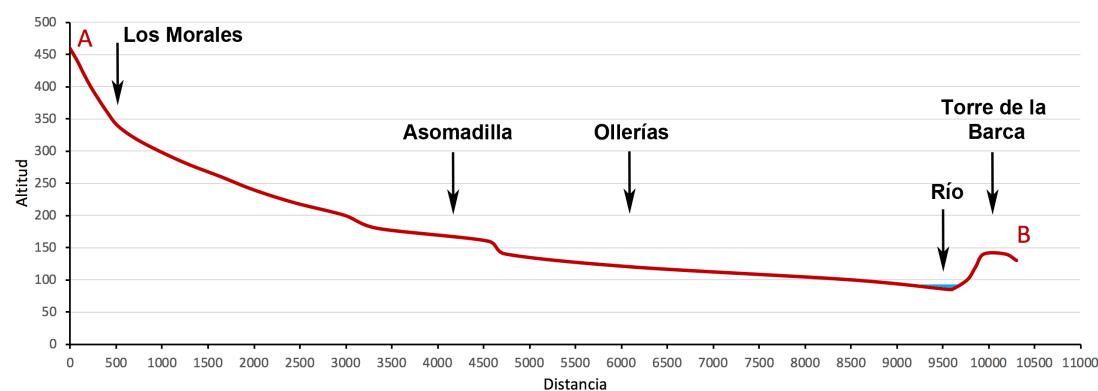
<http://www.educa.madrid.org/web/cc.nsdelasabiduria.madrid/ejercicios1b.htm>

7.5 Anexo 5

Mapa del entorno de la ciudad de Córdoba. Fuente: modificado a partir de la información de cartografía geológica obtenida en la página web del Instituto Geológico y Minero de España (IGME):
<http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/default.aspx?language=es>



Perfil topográfico de la línea A-B (nótese que la escala horizontal y vertical no son equivalentes). Fuente: elaboración propia.

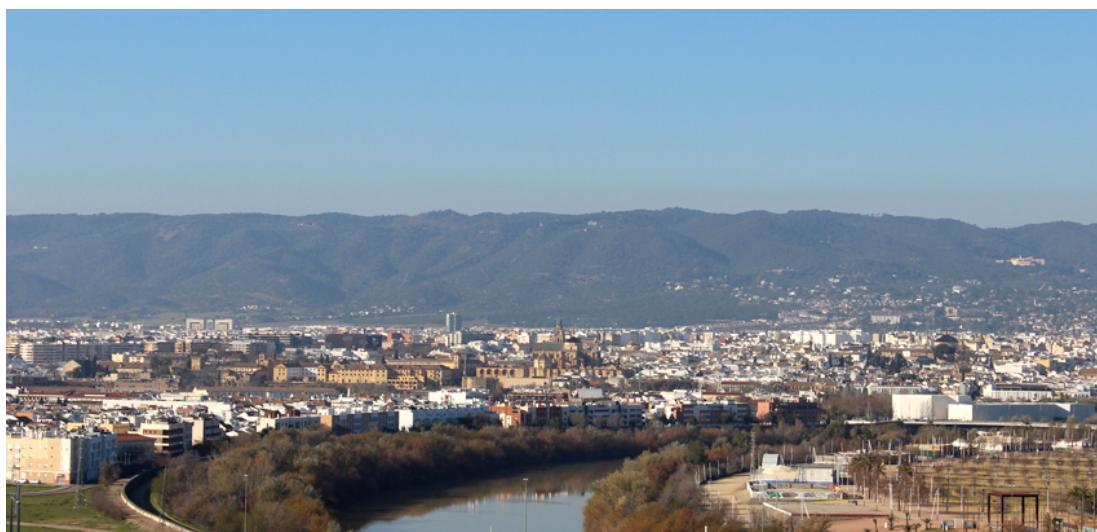


7.6 Anexo 6

A través del siguiente **enlace** se puede acceder a una carpeta con **fotografías** tomadas por el autor de diferentes elementos de interés que se pueden observar en cada parada:

<https://drive.google.com/open?id=1iq7MO99VoC8a6OeOCPgpk6vLbDFzQY6k>

A continuación, se muestran algunos ejemplos que reflejan la variedad paisajística y geológica del entorno:



Parada 1. Panorámica del cauce fluvial en primer plano, la ciudad y la sierra al fondo.



Parada 1. Vista de un escarpe que el río Guadalquivir ha labrado en la campiña.



Parada 2. Detalle de las rañas que se pueden observar en un talud viario.



Trayecto entre las paradas 2 y 3. Detalle de materiales cámbicos plegados en un talud.



Parada 3. Vista de una antigua cantera en el barrio del Naranjo.



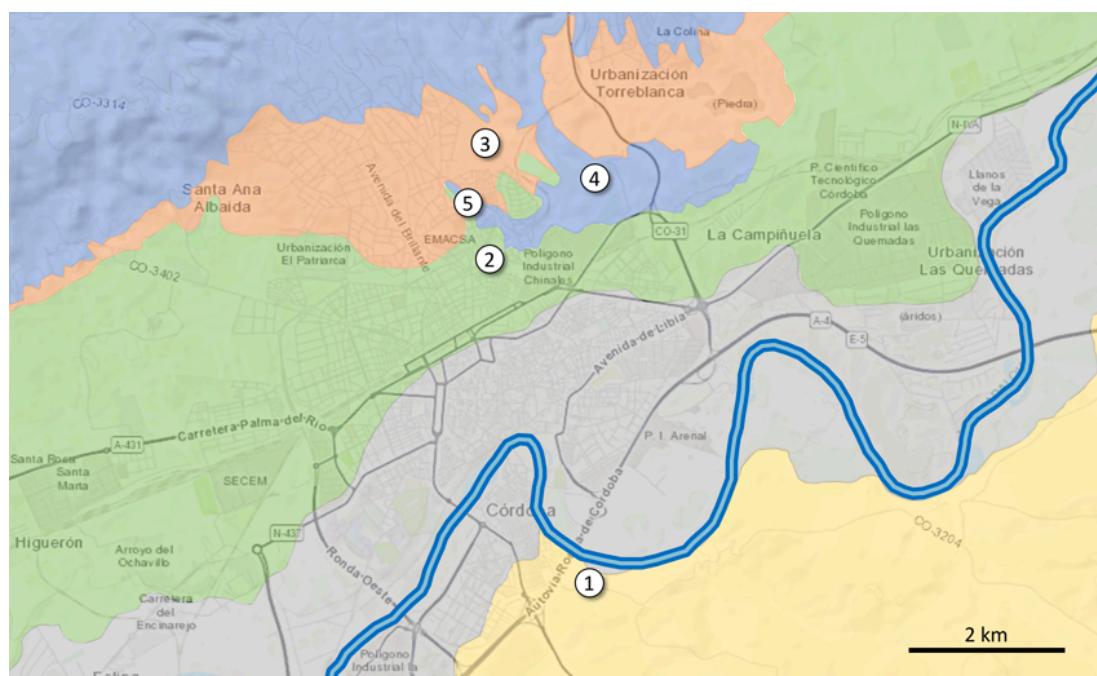
Parada 4. Vista parcial de un afloramiento de materiales cámbicos en el arroyo de los Pedroches.

7.7 Anexo 7

Mapa del entorno cercano de la ciudad de Córdoba, en el que se indica la localización de las paradas de la salida al medio. *Fuente: modificado a partir de la información cartográfica obtenida en la página web del IGME.*



Mapa geológico simplificado del entorno cercano de la ciudad de Córdoba, en el que se indican la distribución de las unidades geológicas más relevantes para la investigación y la localización de las paradas de la salida al medio. *Fuente: modificado a partir de la información de cartografía geológica obtenida en la página web del IGME.*

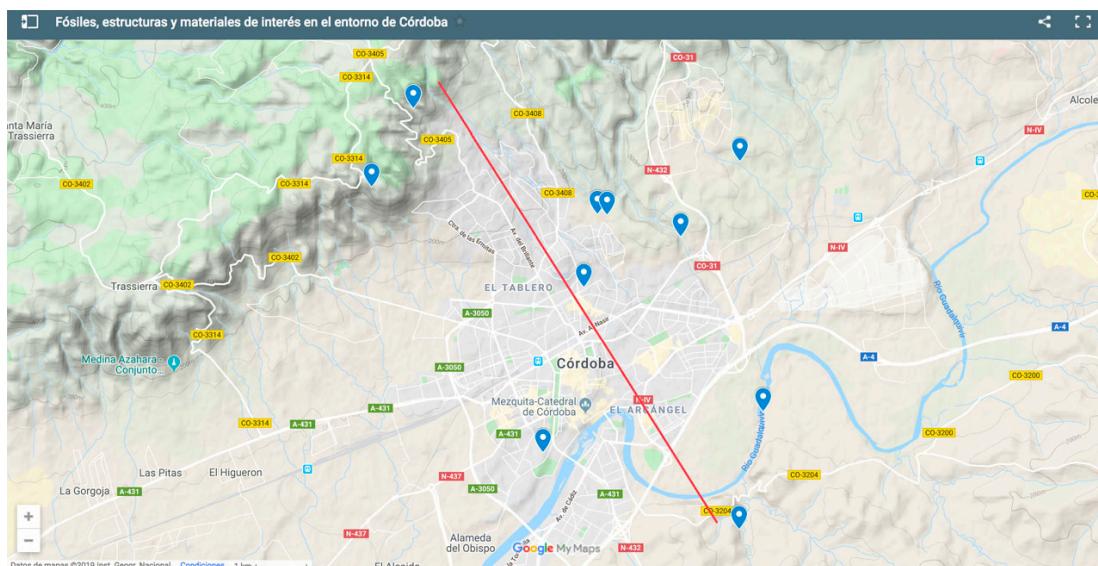


7.8 Anexo 8

El **mapa del entorno de Córdoba creado con Google My Maps** utilizado en la actividad 10 que muestra la localización aproximada de las rocas y sedimentos en los que se han encontrado fósiles guía, estructuras sedimentarias y otros materiales de interés para la resolución del problema se puede encontrar en el siguiente enlace:
https://www.google.com/maps/d/embed?mid=1oe-M2KU_Ffr_NYm548U1lEvBsDOJAVnh&hl=es%22+width%3D%22640%22+height%3D%22480%22

Los elementos sobre los que se puede indagar en este mapa son: arqueociatos, trilobites, erizo de mar (género *Maretia*), crustáceo decápodo (género *Cancer*), foraminíferos bentónicos (géneros *Ammonia* y *Planularia*), diente de *Carcharodon megalodon*, ondulitas o *ripple marks*, rañas (depósitos de abanico aluvial), depósitos fluviales y cerámicas de la Edad de Bronce (del yacimiento arqueológico de la Colina de los Quemados). Además, el mapa indica la línea del corte geológico A-B utilizado en la actividad 7.

A continuación, se muestra una captura de pantalla en la que se indica la localización de todos los elementos que han sido añadidos al mapa:



La imagen adjunta al elemento ondulitas o *ripple marks* ha sido tomada de:
Muñoz, F. (2014). Ondulitas, rizaduras o "ripple marks" en la Cuesta de la Traición. *Notas cordobesas*, 2 de junio de 2014. Recuperado de
<http://notascordobesas.blogspot.com/2014/06/ondulitas-rizaduras-o-ripple-marks-en.html>

7.9 Anexo 9

Escala de valoración del trabajo de aula y de campo

Nombre y apellidos:

Indicador	Escala valorativa				
	1	2	3	4	5
Muestra interés sobre la temática de la investigación					
Participa junto con su equipo en la formulación inicial de la hipótesis de trabajo de acuerdo con el marco teórico					
Proporciona predicciones derivadas de su hipótesis durante la actividad grupal en la sesión 2					
Interviene argumentativamente en la puesta en común posterior					
Trabaja junto con sus compañeros de equipo para resolver los cortes geológicos de la sesión 3					
Interviene en la puesta en común de la resolución del primer bloque de cortes geológicos					
Participa en la puesta en común de la resolución de los cortes geológicos de la sesión 4					
Contribuye en el seno de su equipo a la construcción del corte geológico del entorno según su hipótesis de trabajo en la sesión 4					
Participa proporcionando argumentos adecuados en la puesta en común posterior					
Realiza aportaciones justificadas en la lluvia de ideas en la que se discuten aspectos de la salida de campo					
Participa de forma entusiasta en la salida al entorno					
Reconoce en el terreno los principales elementos del paisaje					
Reconoce <i>in situ</i> algunas rocas					
Toma notas y realiza fotografías durante la excursión					
Busca y encuentra información precisa sobre los elementos que aparecen en el mapa de la sesión 7					
Expone o replica con corrección en la puesta en común posterior					
Interviene utilizando argumentos razonados en el debate de la sesión 8					
Participa en el trabajo grupal para elaborar una explicación sobre la historia geológica del entorno durante las sesiones 8 y 9					
Su tratamiento de los elementos del trabajo científico mejora a lo largo de la investigación					
Se esfuerza en que sus exposiciones orales sean correctas en cuanto al empleo preciso de términos técnicos y científicos					

Realiza de forma pertinente comentarios o preguntas en clase sobre la temática de la investigación o sobre el trabajo científico					
Sigue con atención las explicaciones del docente					
Toma notas en su cuaderno de clase de forma regular y ordenada					
Mantiene una actitud de respeto hacia sus compañeros de equipo durante las actividades en grupo pequeño					
Contribuye a la organización óptima de las actividades que se realizan a nivel de equipo de investigación					
Respeta a sus compañeros de clase durante las puestas en común, lluvias de ideas y debates					
Respeta las normas de seguridad y comportamiento durante la salida al entorno					
Es puntual en la asistencia					
Utiliza su <i>iPad</i> privado únicamente con fines formativos					
Mantiene de forma ordenada su lugar de trabajo en el aula					

Las cifras de la escala valorativa indican: excelente (5), muy bien (4), aceptable (3), insuficiente (2) y muy mal (1).

7.10 Anexo 10

Escala de valoración de la prueba sobre conocimientos necesarios para la interpretación de cortes geológicos

Nombre y apellidos:

Indicador	Escala valorativa				
	1	2	3	4	5
Indica todas las etapas posibles de la historia geológica del corte					
Utiliza los principios de la estratigrafía correctamente para resolver los cortes geológicos					
Maneja adecuadamente la tabla de tiempo geológico para resolver los cortes					
Reconoce el papel de las orogenias hercínica y alpina en la resolución de los cortes					
Integra conocimientos previos sobre procesos internos y externos para resolver los cortes geológicos					
Emplea de forma precisa los términos científicos					

Las cifras de la escala valorativa indican: excelente (5), muy bien (4), aceptable (3), insuficiente (2) y muy mal (1).

7.11 Anexo 11

Encuesta de satisfacción de los alumnos sobre la presente propuesta didáctica

Encuesta anónima de satisfacción sobre la unidad didáctica Valora de 1 (muy en desacuerdo) a 7 (muy de acuerdo) cada ítem	
1) Los objetivos y contenidos se presentan adecuadamente al comienzo de la unidad	
2) Los procedimientos de evaluación y los criterios de calificación se clarifican antes de empezar la unidad	
3) La forma en la que se secuencian los contenidos facilita su aprendizaje	
4) La profundidad con la que se tratan los contenidos en las exposiciones del docente es la adecuada	
5) Las clases no están sobrecargadas de explicaciones por parte del docente	
6) Los objetivos y pautas a seguir en cada una de las actividades son claras	
7) Las actividades han sido variadas y motivadoras	
8) El tiempo que se dispone para realizar cada actividad es adecuado	
9) He echado en falta más actividades de refuerzo	
10) La temática de la situación problemática me ha resultado interesante	
11) He podido mostrar mi creatividad e iniciativa en algunas fases de la investigación	
12) Me he sentido partícipe de la planificación y ejecución de la mayor parte de las fases de la investigación	
13) Los recursos empleados para facilitar la investigación han sido de utilidad	
14) Se ha creado un buen clima de aula durante las actividades grupales	
15) Considero que el trabajo en equipo ha facilitado el progreso de la indagación	
16) Las puestas en común y los debates han sido de gran utilidad para el avance de la investigación	
17) Se ha facilitado la intervención de los alumnos durante las lluvias de ideas, puestas en común y debates	
18) El profesor ha resuelto dudas y ofrecido retroalimentación durante las clases	
19) Las actividades me han ayudado a entender las características del trabajo científico y sus fases	
20) La necesidad de realizar la salida al entorno ha sido justificada correctamente	
21) La observación e interpretación del paisaje durante la salida me han parecido muy interesantes	

22) La experiencia en el medio me ha ayudado a comprender conceptos tratados previamente en la asignatura	
23) Tras la salida al medio, he pensado en volver a salir al campo para disfrutar de nuevo del entorno natural	
24) El grado de dirección durante la investigación me ha parecido adecuado	
25) La investigación me ha ayudado a entender los tipos de procesos geológicos que pueden tener un papel en la configuración de un paisaje	
26) La limitación en cuanto a la realización de búsquedas bibliográficas me ha dificultado mucho la formulación de un modelo explicativo adecuado	
27) La redacción del informe de la investigación me ha resultado muy laboriosa	
28) La elaboración del informe me ha ayudado a comprender cómo la investigación ha progresado	
29) Me siento satisfecho con el modo con el que he resuelto el problema inicial	
30) Me ha parecido muy enriquecedor realizar una investigación sobre el entorno geológico de Córdoba	
31) Me he involucrado mucho en la investigación	
32) He hablado sobre la temática de la investigación con mis amigos o familiares	
33) He tenido la sensación de que la investigación ha avanzado de forma lenta	
34) Hubiera preferido una sesión en la que se explicase la historia geológica del entorno en lugar de una investigación tan larga	
35) Creo que tras esta unidad puedo afrontar una nueva investigación escolar con mayor soltura	
36) Creo que las habilidades y destrezas asociadas al trabajo científico están sobrevaloradas	
37) Mis expectativas con respecto a la realización de una investigación se han visto cumplidas	
38) Me gustaría volver a participar en otra investigación dirigida	
¿Quieres añadir algo más?	

7.12 Anexo 12

Documentos consultados sobre la historia geológica de la región:

- Bellido, M., Moreno, J., Hoyo, I., Melero, J., Marín, M. y Arenas, F. (1998). *Recursos naturales de Córdoba: fósiles animales*. Córdoba: Diputación de Córdoba.
- Camas, M. A. y González, A. J. (2016). *Geolodía 2016 - Córdoba: Córdoba, hace 10 millones de años...* Recuperado de http://www.sociedadgeologica.es/archivos_pdf/geolod%C3%ADa16/guias_geolodia16/gdia16gui_cordoba.pdf
- Instituto Geológico y Minero de España. (1973). *MAGNA 50 - Hoja 923 (Córdoba)*. Recuperado de http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/jpgs/d9_G50/Editado_MAGNA50_923.jpg
- Melero, J., González, A. J. y Camas, M. A. (2018). *Geolodía 2018 - Córdoba: Córdoba hace 500 millones de años. El registro de la explosión de vida en los mares del Cámbrico*. Recuperado de http://www.sociedadgeologica.es/archivos_pdf/geolodia18/guias_geolodia18/gdia18gui_cordoba.pdf
- Santos, J. A., Jerez, F. y Muñoz, J. L. (1991). Los depósitos miocenos en los alrededores de Andújar (Depresión del Guadalquivir. Provincia de Jaén). *Estudios geológicos*, 47, 33-42. Recuperado de <http://estudiosgeol.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeol/article/view/406/427>

7.13 Anexo 13

Recursos didácticos en formato electrónico:

- Estratos. Geología en el campo. (2017). [Video] YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=9IQnkdFixsE>
- Fósiles. Aplicaciones científicas. Geología en el campo. (2019). [Video] YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=KcZ2aKFQJ6M>
- IES Dr. Fernández Santana. (s.f.). *Cómo se forman las terrazas fluviales*. Recuperado de <https://iesdrfdezsantana.educarex.es/web/departamentos/ccss/paisajes/paisajestre/terrazas.htm>