

Rebelo, D., Soares, R., **Bonito, J.**, Morgado, M., Medina, J., Soares de Andrade, A., & Marques, L. (2021). Aprendizaje interdisciplinario en contexto: el Arouca Geopark. In P. Membiela, N. Casado, M. I. Cebreiros, & M. Vidal (Eds.), *Perspectivas y prácticas docentes en la enseñanza de las ciencias* (pp. 171-182). Ourense, España: Educación Editora. [ISBN 978-84-15524-47-2]

Aprendizaje interdisciplinario en contexto: el Arouca Geopark

**Dorinda Rebelo^{1,2,a}, Rui Soares^{1,b}, Jorge Bonito^{2,3,c},
Margarida Morgado^{2,4,d}, Jorge Medina^{5,6,e},
António Soares de Andrade^{6,f} y Luis Marques^{2,h}**

¹Agrupamiento de Escolas de Estarreja, Portugal, ^adorinda.rebelo@gmail.com, ^brui-soares@aeestarreja.pt

²CIDTFF, Universidad de Aveiro, Portugal, ^hluis@ua.pt

³CIEP y Departamento de Pedagogía y Educación, Universidad de Évora, Portugal, ^cjbbonito@uevora.pt

⁴Escola Secundária de Viriato, Portugal, ^dmorgadommargarida@gmail.com

⁵Departamento de Geociencias, Universidad de Aveiro, Portugal, ^ejmedina@ua.pt

⁶GeoBioTec, Universidad de Aveiro, Portugal, ^fasandrade@ua.pt

Resumen

Se presenta un proyecto interdisciplinario, desarrollado con estudiantes de 16-17 años de una escuela en el distrito de Aveiro, Portugal, a partir de un contexto real en el Arouca Geopark. Se estableció una estrecha conexión entre las distintas interdisciplinaridades. Los resultados obtenidos fueron prometedores, señalándose la resolución de problemas en contexto por parte del alumnado.

Palabras clave

Interdisciplinariedad, autonomía curricular, aprendizaje en contexto, geología.

Introducción

El programa del XXI Gobierno Constitucional de Portugal, liderado por António Costa, considera que “para facilitar la modernización de los modelos de aprendizaje y sus instrumentos, se debe reforzar la autonomía de las escuelas en el diseño y adopción de sus propios proyectos educativos, en un proceso partici-

pativo, involucrando a los actores locales que integran la comunidad educativa, a saber, docentes, estudiantes, padres y municipios” (XXI Gobierno Constitucional, 2015). En este sentido, en el curso 2017-2018 se autoriza la puesta en marcha del proyecto de Autonomía y Flexibilidad Curricular (AFC) para la Educación Básica y Secundaria, mediante (Despacho no. 5908/2017, de 5 de julio).

Con el establecimiento del nuevo plan de estudios para la educación básica y secundaria (Decreto-Ley no. 55/2018, de 6 de julio), la AFC se confirió a todos los grupos de escuelas y escuelas no agrupadas del país, en vigencia del año escolar 2018-2019.

Por AFC, el legislador entiende “la facultad conferida a la escuela para gestionar el currículo de la educación básica y secundaria, a partir de las matrices curriculares básicas, con base en la posibilidad de enriquecer el currículo con los conocimientos, habilidades y actitudes que contribuyan al logro de las competencias previsto en el Perfil de los alumnos que abandonan la escolaridad obligatoria”¹ (al. c) del art. 3 del Decreto-Ley no. 55/2018, de 6 de julio).

El diseño, operacionalización y evaluación del aprendizaje del currículo de la educación básica y secundaria, basado en una definición curricular nacional común, preside el principio rector de la realización de un ejercicio efectivo de autonomía curricular, permitiendo a las escuelas identificar opciones curriculares efectivas, adecuadas al contexto, enmarcado en el proyecto educativo y otros instrumentos estructurales de la escuela (art. 4 del Decreto-Ley no. 55/2018, de 6 de julio).

Entre las diversas opciones curriculares de las escuelas, es posible “combinar parcial o totalmente componentes curriculares o formativos, áreas temáticas, disciplinas o unidades formativas de corta duración, utilizando dominios de autonomía curricular, promoviendo tiempos de trabajo interdisciplinarios, con posibilidad de compartir horarios entre diferentes disciplinas” (al. a), no. 2, del art. 19 del Decreto-Ley no. 55/2018, de 6 de julio).

El tema de la interdisciplinariedad no es nuevo. En 1972, la OCDE, utilizando la definición de Guy Michaud, presentó la interdisciplinariedad como “*an adjective describing the interaction among two or more different disciplines. This interaction may range from simple communication of ideas to the mutual integration of organising concepts, methodology, procedures, epistemology, terminology, data and organisation of research and education in a fairly large field*” (OECD-ERIC, 1972, p. 25). A finales de la década de 1990, Edgar Morín expuso sus preocupaciones que lo animaron con respecto a la importancia de articular los saberes. El autor consideró que los propósitos de la educación deberían proporcionar a los estudiantes una cultura que les permitiera “articular, reconectar, contextualizar, ubicarse en un contexto y, si es posible, globalizar, reunir el co-

¹ Cfr. Martins et al. (2017).

nocimiento” que adquiriesen (Morín, 2007, p. 31). A nivel de educación básica y secundaria, Lenoir y Hasni (2016) identificaron tres lógicas distintas de interdisciplinariedad que resultan de factores sociohistóricos y culturales. Su combinación, de forma complementaria, concibe que todas las disciplinas, con la colaboración entre profesores, como importantes y complementarias en la construcción y comprensión de la realidad.

A partir de la visión de la interdisciplinariedad, los dominios de autonomía curricular (DAC) se definen como “áreas de confluencia del trabajo interdisciplinario, desarrolladas a partir de la matriz curricular básica de una oferta educativa y formativa, teniendo como referencia los documentos curriculares, siendo, para este propósito, convocados, total o parcialmente, los tiempos asignados a los componentes del currículum, áreas disciplinarias y materias” (al. *e*), del art. 3, del Decreto-Ley no 55/2018, de 6 de julio).

Dentro del alcance de los DAC, y basado en el contexto del Arouca Geopark, este trabajo presenta un proyecto interdisciplinario, desarrollado por profesores de una escuela en el distrito de Aveiro, Portugal, con estudiantes de 11.º grado (16-17 años) del Curso de Ciencias y Tecnologías.

Proyecto interdisciplinario

El proyecto desarrollado tuvo como núcleo generador las disciplinas de Biología y Geología, Educación Física, Filosofía, Física y Química A, y Portugués. Su planificación se basó en el trabajo colaborativo de articulación entre los distintos docentes. La interacción permitió llevar a cabo una reflexión conjunta, así como tomar decisiones concertadas. Las opciones didácticas surgieron de los procesos de reflexión e intercambio, de los cuales se destacan los siguientes: *a*) exploración del contenidos curriculares, a partir de contextos geológicos cercanos al alumnado; *b*) integración de proyectos existentes en la escuela relacionados con la sostenibilidad del planeta Tierra; *c*) valorar el trabajo práctico y las TIC; *d*) uso de diversos entornos de aprendizaje; *e*) valorar el trabajo colaborativo entre pares; *f*) promover una reflexión sistemática sobre lo que se hace y piensa en el sentido de una constante reestructuración y profundización del aprendizaje; *g*) inclusión de diferentes dimensiones de la ciencia y del conocimiento (técnico, epistemológico y ético); *h*) establecer asociaciones con otras instituciones.

Así, en función de la reflexión realizada y de las principales dificultades identificadas en el alumnado (p. ej.: organización y sistematización de la información, movilización del conocimiento en contextos reales, realización del trabajo entre pares), se concibió el proyecto “Arouca Geopark: pasado, presente y futuro geológico”, ya que se considera que este contexto permite la exploración de contenidos interdisciplinarios de forma contextualizada e integrada y, por lo

tanto, contribuye al desarrollo del aprendizaje integrador. Se desarrollaron pautas orientativas para el trabajo del alumnado: una para todo el proyecto y la otra solo para la salida al campo, esta última validada en el campo con otros profesores, lo que permitió aclarar algunas de las tareas propuestas.

Arouca Geopark

Los geoparques mundiales corresponden a áreas que presentan un patrimonio geológico de relevancia internacional y un modelo de desarrollo sostenible del territorio, designados únicamente en el marco de los instrumentos jurídicos internacionales (Decisión del Consejo Ejecutivo de la UNESCO - 161 EX / Decisión, 3.3.1 –, adoptada en París en 2001)², por lo que no tienen una clasificación legal portuguesa. Portugal tiene cuatro geoparques mundiales de la UNESCO.

El Arouca Geopark se encuentra en la región norte de Portugal y coincide con el área del municipio con el mismo nombre, en el distrito de Aveiro. Este territorio está ubicado en el límite occidental de la submeseta norte de la Península Ibérica y se caracteriza por montañas talladas por estrechos valles. Las altitudes medias oscilan entre 200 y 600 m, pero superan los 1000 m en las sierras de Freita (1100 m) y Montemuro (1222 m). El Arouca Geopark es parte de la principal unidad morfoestructural de la Península Ibérica, el macizo Hespérico, que es el fragmento más grande de orógeno varisco que se formó en Europa (UNESCO, 2017). Este Geoparque es conocido por su excepcional patrimonio geológico de importancia internacional, con 41 geositos. Las rocas que emergen en esta región cuentan historias de antiguos mares que bordearon el supercontinente Gondwana hace 520-420 Ma y describen la formación del supercontinente Pangea, que se formó hace 250 Ma.

Desde el punto de vista geológico, durante la orogenia varisca predominan las formaciones de edad Proterozoica y Paleozoica, que se metamorfizaron, deformaron e intruyeron por plutonitas graníticas (Sá et al., 2008) (Figura 1). Las rocas metasedimentarias incluyen litologías de edades comprendidas entre el Neoproterozoico y el Paleozoico. Las rocas más antiguas forman parte del Complejo Esquisto-Gravváquico Preordovícico (CXG), actualmente denominado Grupo Super-Dúrico-Beirão, constituyendo secuencias metasedimentarias gruesas, atribuidas al Neoproterozoico-Cámbrico Inferior. En la región de Arouca, estas rocas constituyen los afloramientos rocosos más extensos (Figura 1), que incluyen metapelitos, metagrauvas, metacuarzovacas y metaconglomerados. Se consideran del Grupo del Duero y están relacionados con depósitos turbidíticos (Sá et al., 2014).

² Cfr. art. 27, no 2, al. f) del Régimen Legal para la Conservación de la Naturaleza y la Biodiversidad (Decreto-Ley no. 142/2008, 24 de julio, en su redacción actual).

Superponiendo discordantemente con estos materiales se encuentran las rocas del Ordoviciano, Siluriano y Carbonífero que emergen a lo largo de una estrecha franja con dirección NW-SE ubicada en la región noreste del Arouca Geopark (Figura 1). La sucesión ordovíciana se subdivide en tres unidades detríticas, superpuestas y correlacionadas con las existentes en la región de Valongo. La base de la sucesión es la Formación Santa Justa, que consta de 35 a 60 m de estratos decimétricos y centimétricos de cuarcitas (Cuarcita Armoricana), intercaladas con finos niveles de metapelitas, a veces con icnofósiles (*Cruziana sp.*), correspondientes al Ordovícico Inferior (Figura 1).

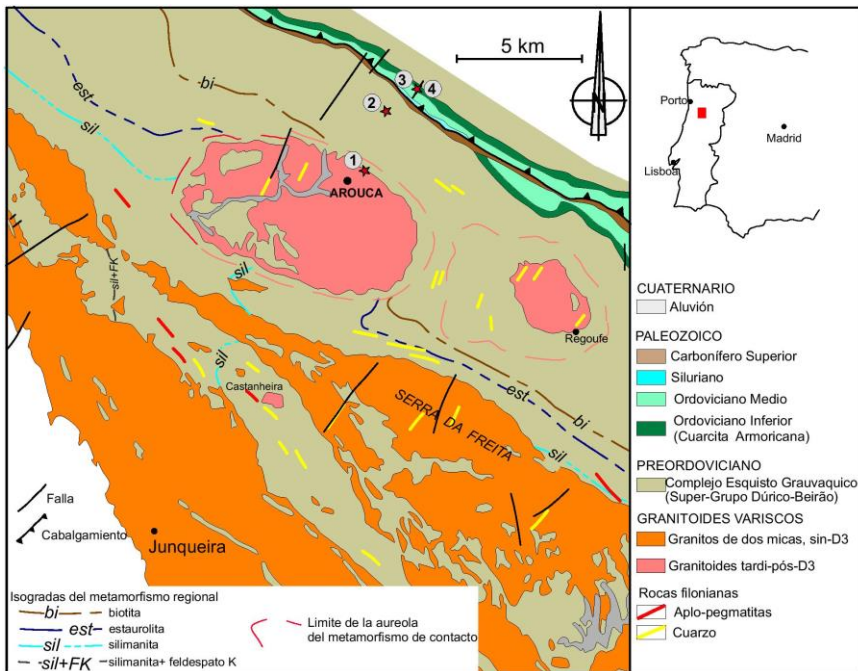


Figura 1. Mapa geol3gico de la regi3n con la indicaci3n de las paradas (modificado de Valle Aguado et al., 2006). 1 – Parada 1 – Pernosela-Arouca (40° 56’ N, 8° 14’ W), 2 – Parada 2 – Gamar3o de Cima (40° 57’ N, 8° 13’ W), 3 – Parada 3 – Canelas-Arouca (40° 57’ N, 8° 12’ W), 4 – Parada 4 – Centro de Interpretaci3n Geol3gica de Canelas.

La Formaci3n Valongo se superpone a la unidad anterior por un fino nivel de hierro ool3tico. Consta de 430 m de pizarras, m3s o menos fosil3feras, cuyos sedimentos fueron depositados en un medio marino de baja energ3a, en condiciones an3xicas y paleolatitudes periant3rticas (R3bano, Guti3rrez-Marco y S3, 2014). El contenido f3sil incluye pistas, cefal3podos, gaster3podos, bivalvos, equinodermos, braqui3podos, graptolitas y trilobites. Algunos de ellos (trilobites) se destacan por sus grandes dimensiones producto del gigantismo polar y la deformaci3n tect3nica. Corresponden al Ordoviciano Medio (Figura 2). En esta

unidad se ubica la “Pedreira do Valério” donde se exploran las pizarras de Canelas. Es en el Centro de Interpretación Geológica de Canelas donde se exhiben y se pueden admirar algunos de los especímenes fósiles más espectaculares encontrados allí. La Formación de Sobrido, superpuesta en desacuerdo con la unidad anterior, se diferencia en dos miembros: la cuarcita inferior y la diamictítica superior, en la que predominan las metagrauvascas con fragmentos de areniscas y cuarzo. Las pizarras del siluriano, a veces muy alteradas, son las que tienen menor extensión cartográfica y se superponen con la formación de Sobrido (Figura 3). Contienen fósiles de graptolitas y pueden contener nódulos ftalíticos. El contacto con el Carbonífero es tectónico, en desacuerdo con el Ordoviciano y el Siluriano, está formado por lutitas arcillosas alternadas con gres, psamitas y conglomerados (Sá et al., 2008).

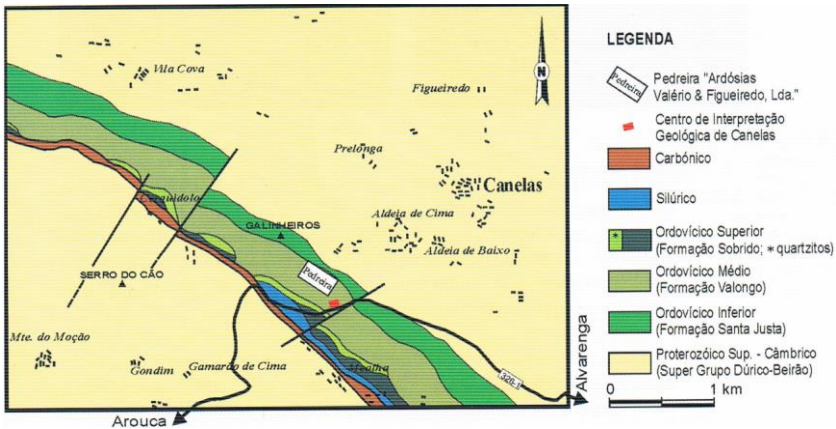


Figura 2. Ubicación geológica del Centro de Interpretación Geológica de Canelas (retirado de Sá, 2006, p. 21).

Desde el punto de vista estructural, el principal evento orogénico fue la orogenia Varisca durante el cual hubo cuatro fases de deformación (D1, D2, D3 y D4) que afectaron las secuencias sedimentarias proterozoicas y paleozoicas. Mientras que los sucesos estratigráficos pre-carboníferos se depositaron en condiciones pre-orogénicas y fueron duplicados por D1, la secuencia carbonífera se interpreta como una serie sin- a post-orogénica y, por tanto, sufrió únicamente los efectos de la última fase de deformación (D4). El resto está relacionado con zonas de cizallamiento dúctil a gran escala, donde se concentraba la deformación. El metamorfismo regional Varisco se relaciona como las tres primeras fases de deformación y es, en general, de bajo grado (zonas de clorita y biotita). Sin embargo, en algunos lugares, y en particular en la Sierra da Freita, se exponen metasedimentos CXG, que han alcanzado el grado medio, encontrados en las áreas de estauroлита y silimanita (Figura 1). Los isogrados, están doblados por D3.

En el Arouca Geopark, varios cuerpos granitoides que instruyeron en las rocas preexistentes, que pueden simplemente agruparse en sin-cinemáticas y posteriores-post-cinemáticas relacionadas en la tercera fase de la deformación Varisca (Azevedo y Valle Aguado, 2013). Los granitos sin-D3 forman cuerpos alargados según la orientación general NW-SE, como las estructuras regionales de las rocas incrustadas; Suelen presentar una foliación definida por la orientación de las micas, también NW-SE. Los granitoides tardíos post-D3 forman cuerpos circunscritos, discordantes con las estructuras regionales y, como regla general, traen niveles relativamente altos de corteza (de la epizona), provocando un metamorfismo de contacto en los meta-sedimentos circundantes, como en el caso de Arouca y de Regoufe (Figura 1).

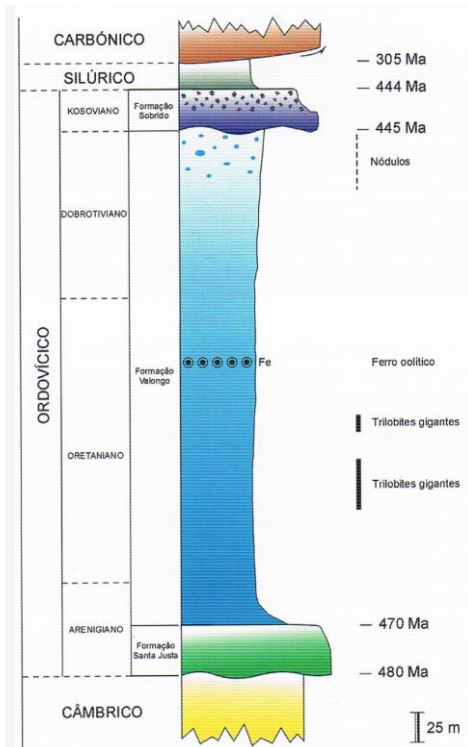


Figura 3. Log estratigráfico simplificado do Paleozoico de Canelas com a posição de los principales niveles fosilíferos en las pizarras de la Formación de Valongo (retirado de Sá, 2006, p. 23).

Acción

El proyecto interdisciplinario se desarrolló sobre con un en contexto de aprendizaje local – el Arouca Geopark – que dista cerca de 40 km del instituto. Se utilizarán diversas estrategias de enseñanza: aula, excursión de campo y laboratorio (Tabla 1). En la contextualización y la problematización, los estudiantes se enfrentaron, en el aula, con imágenes y descripciones de lugares que les eran familiares y que estaban ubicados relativamente cerca de la escuela, así como con problemas que surgieron de ellos, como: “¿Cómo podemos caracterizar la litología y la geomorfología de las áreas ubicadas cerca de la escuela? ¿Cómo nos ayuda el conocimiento de Física y Química a interpretarlos?”. Estas y otras preguntas guiaron el trabajo que precedió a la excursión, con el objetivo principal de adquirir conocimiento interdisciplinario y prepararla.

Tabla 1. Actividades desarrolladas con el alumnado a lo largo del proyecto, involucrando tres asignaturas.

		Biología y Geología	Física y Química	Filosofía
Salida de campo	Antes	Contextualización y problematización (comienzo de una ruta de aprendizaje guiada por guiones)		
		Interpretación y sistematización de información en diferentes formatos sobre la geología de las regiones cercanas al instituto; Laboratorio y trabajo experimental.	Movilización del conocimiento químico, en la interpretación de fenómenos geológicos.	Reflexión crítica sobre el aprendizaje desarrollado en el contexto de la epistemología - problematización / discusión / argumentación.
	Durante	Realización de tareas propuestas para el campo (Guía de campo)		
	Después	Sistematización y organización de la información recolectada en campo.	Profundización y sistematización del conocimiento.	Análisis crítico de los fundamentos epistemológico-lógicos de las ciencias y el fundamento metodológico respectivo.
Elaboración de un artículo científico				

Para la excursión, se creó un guión que empieza con una pregunta orientadora: “¿Qué información proporciona el Arouca Geopark que nos ayuda a contar las etapas de su historia?” – previendo cuatro paradas de observación (Figura 4), donde se proponen actividades que requieren la movilización del conocimiento de varias disciplinas de manera integrada.



Figura 4. Paradas del proyecto Arouca Geopark donde se desarrollaron actividades interdisciplinarias. A – Parada 1 (Pernousele-Arouca): afloramiento de granodiorita; B – Parada 2 (Gamarão de Cima – Arouca): afloramiento del “Complejo Esquisto-Grauváquico”; C – Canelas-Arouca: cuarcitas ordovícicas; D – Canelas-Arouca: panel en el Centro de Interpretación Geológica de Canelas.

Veamos, con un ejemplo, las actividades propuestas para la parada 1 - Pernousele (avenida Reinaldo de Noronha - R326-1), tomadas del guión:

1. Mide tu ritmo cardíaco antes de realizar las tareas planificadas para esta parada y regístralo en la tabla; 2. Describe el lugar donde te encuentras (afloramientos rocosos, intervención humana, ...); 3. Haz una evaluación crítica de la intervención del ser humano en el paisaje (impermeabilización del suelo, edificado, infraestructura, ...); 4. Localiza el afloramiento en el mapa geológico; 4.1.1. En estas litologías, identifica evidencias de meteorización física y química (moviliza el conocimiento que has adquirido, en la disciplina de Física y Química, para identificar el tipo de meteorización que sufren las rocas); 4.1.2. Relaciona las rocas observadas, teniendo presente su edad; 4.1.3. Relaciona la morfología del lugar y las áreas circundantes con su litología; 5. Presenta una explicación, basada en las observaciones realizadas y los datos del gráfico, para la formación de las rocas identificadas en el área de estudio y su afloramiento (por ejemplo, roca original y su entorno de formación, interacción entre depósitos, variaciones termodinámicas, ...). Moviliza el conocimiento que has adquirido en la disciplina de Portugués, para que la información sistematizada sea clara y objetiva. Fundamenta las inferencias hechas (concepción científica) basado en las ideas defendidas por filósofos abordados en clases de Filosofía; 6. Graba en video, o en otro formato, los aspectos que consideres importantes para compartir en otra ocasión; 7. Registra las dudas que han surgido durante el trabajo y para las cuales aún no has encontrado una respuesta; 8. Mide tu ritmo cardíaco después de completar las tareas propuestas para esta parada y regístralo en la tabla.

Los datos recopilados permitieron al alumnado evaluar su condición física, después de las caminatas necesarias para realizar tareas, alcanzando uno de los objetivos de la disciplina de Educación Física. En las clases posteriores a la salida, el alumnado, organizado en grupos, ha sistematizado la información recopilada, profundizaron su conocimiento y ha movilizado fundamentos epistemológicos para analizar la forma en que había acumulado el conocimiento en el campo y posicionarse desde un punto de vista metodológico. Finalmente, prepararon un artículo científico, movilizando el conocimiento de las diferentes disciplinas involucradas. Con respecto a la evaluación del aprendizaje, se adoptaron dos instrumentos: las notas del profesor sobre las observaciones realizadas y la preparación de un artículo científico, elaborado de acuerdo con los criterios de desempeño proporcionados por los profesores.

Evaluation

En cuanto a la evaluación del aprendizaje, se adoptaron dos instrumentos: las notas del profesor sobre las observaciones realizadas y la elaboración de un artículo científico. Se consideró que estos instrumentos permitirían integrar la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación (Neves y Ferreira, 2015) e identificar las dificultades que experimentan del alumnado a lo largo del proceso de aprendizaje, y podrían ayudar a los docentes a cambiar / reestructurar sus estrategias de enseñanza para superar las dificultades. Para evaluar la calidad del artículo científico se definieron criterios de rendimiento y criterios de resultado (Sanmartí, 2011). Optamos por realizar entrevistas semiestructuradas con estudiantes y profesores involucrados en este proyecto.

Alumnado

Dificultades sentidas - Los estudiantes sintieron algunas dificultades durante la implementación del proyecto, concretamente a nivel: conceptual en conceptos relacionados con las características de las rocas y su transposición a las observaciones realizadas en campo (“[...] dificultad para asociar los contenidos a la realidad presentada en las rocas” – Al. 3); y procedimentales, dada la necesidad de seguir un procedimiento científico como si fuera un geólogo (“[...] sentimos algunas dificultades donde teníamos que seguir todos los procedimientos como un verdadero geólogo desde la extracción de materia rocosa hasta la recolección de información y resultados – A4) y se han producido cambios meteorológicos a lo largo del día que dificultan el trabajo de campo (“El registro de la información recogida durante la actividad, también obstaculizada por el cambio climático durante el día – A2).

Sugerencias de optimización de proyectos: mejor administración del tiempo (“Mejor administración del tiempo” – A1) y mayor apoyo para los estudiantes durante la excursión. Pese a ello, aseguran estar muy interesados en participar, en el futuro, en un proyecto de similares características.

Profesores

Rol de los interventores en el proyecto – Los profesores participaron en la construcción de los recursos didácticos, en un ambiente de trabajo colaborativo, concibiendo la planificación, el guión DAC y el guión de salida de campo (profesores de Filosofía y Física y Química), así como en la elaboración / corrección de productos (ej.: cartel científico, en el caso del profesor de portugués).

Dificultades sentidas – Los profesores informan que experimentaron dificultades en términos de: la construcción de materiales didácticos, es decir, en la comprensión de conceptos de otras áreas disciplinarias y en la transposición de conceptos teóricos de la Filosofía a la práctica; y gestión del tiempo para un trabajo colaborativo eficaz (“Las mayores dificultades se centraron en la comprensión del vocabulario y conceptos relacionados con la Geología, sin embar-

go, las reuniones de trabajo colaborativo fueron importantes para llenar estos vacíos” – P2).

Articulación del proyecto con la planificación específica de su disciplina - La articulación se realizó de la siguiente manera: a) – en Filosofía, los contenidos incluidos en el proyecto se transformaron en un conjunto de supuestos epistemológicos (metodologías y concepción de la ciencia), para propósitos y horizontes antropológicos (paradigmas antropocéntricos / biocéntricos); b) en Física y Química, algunas de las actividades desarrolladas en el proyecto permitieron movilizar conocimientos ya adquiridos en el año anterior y unir los aprendizajes esenciales a abordar este año, aunque es necesario anticipar los temas en el tiempo dirigido.

Relevancia atribuida al proyecto – El proyecto es considerado muy relevante por los docentes participantes y expresan total disposición a seguir participando en proyectos similares, ya que informan que fue un trabajo muy gratificante al permitir la integración de conocimientos, el enfoque temático en una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad, valorando el trabajo colaborativo entre pares, y contribuyendo a la mejora de la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes (“[...] además de ser un trabajo muy gratificante a nivel personal por la interacción de conocimientos, el proceso de enseñanza / aprendizaje es en un contexto CTS, lo que hace que la adquisición y transmisión sean más interesantes y fructíferas” – P2). También consideran que las prácticas y metodologías que lo configuran deben ser difundidas a otros profesores y otras escuelas.

Sugerencias para la optimización del proyecto – Para la optimización del proyecto en el futuro, los profesores involucrados sugieren que debe haber tiempo en el horario semanal para realizar el trabajo colaborativo entre pares (“Los profesores han contemplado los tiempos designados en sus horarios para el trabajo colaborativo entre pares” – P3).

Conclusiones

Con esta concepción curricular y sus prácticas resultantes de carácter interdisciplinario, se trató de no perder de vista la necesidad de una estrecha conexión entre las interdisciplinaridades teóricas, metodológicas, instrumentales y críticas discutidas por Klein (2010). Con una enseñanza interdisciplinaria, contextualizada, problematizadora y centrada en el alumnado, se desarrolló el aprendizaje transdisciplinario, movilizados por el para resolver problemas que provienen de contextos reales. El alumnado mostró gran interés y motivación, habiendo participado activamente en las actividades propuestas. Este compromiso contribuyó a la mejora del aprendizaje y a una comprensión más efectiva de la naturaleza de la ciencia. Se debe tener en cuenta que la misión principal de la escuela es educar a las personas capaces de vivir y encontrar satisfacción en la sociedad, al mismo tiempo que pueden comprender el mundo en el que viven y actuar de manera crítica. En resumen, debemos concebir la educación de los jóvenes desde una

perspectiva emancipadora y creemos que los enfoques interdisciplinarios pueden contribuir significativamente a lograr este objetivo.

Referencias

Azevedo, M., y Valle Aguado, B. (2013). Origem e instalação de granitoides variscos na Zona Centro-Ibérica. In R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, & J. Kullberg (eds.), *Geologia de Portugal* (Vol. 1, pp. 377-401). Lisboa, Portugal: Escolar Editora.

Klein, J. T. (2010). A taxonomy of interdisciplinarity. En R. Frodeman, J. T. Klein, y C. Mitcham (eds.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity* (pp. 15-30). Oxford, England: Oxford University Press.

Lenoir, Y., y Hasni, A. (2016). Interdisciplinarity in Primary and Secondary School: Issues and Perspectives. *Creative Education*, 7, 2433-2458. <http://dx.doi.org/10.4236/ce.2016.716233>.

Martins, G. O. et al. (2017). *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação. http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf.

Morin, E. (2007). *Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios* (4.^a edição). São Paulo, Brasil: Cortez.

Neves, A. C., y Ferreira, A. L. (2015). *Avaliar é preciso? Guia prático de avaliação para professores e formadores*. Lisboa, Portugal: Guerra e Paz.

OECD-ERIC (1972). *Interdisciplinarity. Problems of teaching and research in Universities*. Washington, DC, USA: OECD Publications Center. Recuperado de https://archive.org/details/ERIC_ED061895/mode/2up.

Rábano, I., Gutiérrez-Marco, J. C., y Sá, A. A. (2014) Yacimientos excepcionales de trilobites del Ordovícico ibérico. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 2.^a ép., 12, pp. 41-62. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/34348/1/254.pdf>.

Rocha, D., Sá, A. A., Paz, A., y Duarte, A. C. (2010). Geoparque Arouca: a Geologia em prol do desenvolvimento territorial. *Captar*, 2(3), 55-67. Recuperado de https://www.academia.edu/4580193/GEOPARQUE_AROUCA_A_GEOLOGIA_EM_PROL_DO_DESENVOLVIMENTO_TERRITORIAL

Sá, A. A. (2006). Enquadramento Geológico. In A. A. Sá, y J. C. Gutiérrez-Marcos (coords.), *Trilobites gigantes das ardósias de Canelas (Arouca)* (pp. 18-27). Arouca, Portugal: Ardósias Valério & Figueiredo.

Sá A. A., Gutiérrez-Marco J. C., Meireles C. A., García-Bellido D. C., y Rábano I. (2014). A Revised Correlation of Lower Ordovician Sedimentary

Rocks in the Central Iberian Zone (Portugal and Spain). In R. Rocha, J. Pais, J. Kullberg, y S. Finney (eds.), *STRATI 2013* (pp. 441-445). Springer Geology. Springer, Cham. Recuperado de https://doi.org/10.1007/978-3-319-04364-7_85

Sanmartí, N. (2011). Evaluar para aprender, evaluar para calificar. In P. Cañal (coord.), *Didáctica de la Biología y la Geología* (Vol. II, pp. 151-171). Barcelona, España: Editorial Graó.

UNESCO (2017). *Arouca UNESCO Global Geopark (Portugal)*. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/list-of-unesco-global-geoparks/portugal/arouca/>.

Valle Aguado, B., Medina, J., y Sá, A. A. (2006). Geologia da Serra da Freita e visita ao Centro Interpretativo Geológico de Canelas (Arouca). In *Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia – Livro Guia de Campo* (pp. 43-64). Aveiro, Portugal: Universidade de Aveiro.

XXI Governo Constitucional (2015). *Programa do XXI Governo Constitucional*. Recuperado de <https://www.portugal.gov.pt/ficheiros-geral/programa-do-governo-pdf.aspx>

Agradecimientos

A los centros de investigación CIDTFF (UID/CED/00194/2013) y GeoBio-Tec (UIDB/04035/2020), financiados por el Instituto Público Fundación para la Ciencia y la Tecnología, de la República Portuguesa, por el apoyo en la realización de este trabajo.