

# ¿Cuál es la verdadera historia del sinclinal de O Courel?: un problema de Geología para desarrollarla competencia científica.

*Simposio: Competencias y prácticas científicas en secundaria y bachillerato*

**Blanco Anaya, P. y Díaz de Bustamante J.**

*Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais. Universidade de Santiago de Compostela*

[paloma.blanco@usc.es](mailto:paloma.blanco@usc.es)

## RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño y procedimiento de resolución de un problema de geología con una doble finalidad. Por un lado, pretende contribuir al desarrollo de la competencia científica por parte de los estudiantes, en particular de las capacidades de “explicar fenómenos de forma científica” y “uso de pruebas”. Por otro lado, favorecer el aprendizaje de contenidos de geología aplicándolos a contextos reales y próximos al alumnado. Para ello en la propuesta didáctica, enfocada para estudiantes de 1º de bachillerato, se les pide que elaboren una explicación escrita de cómo se formó el sinclinal de O Courel (Galicia). En la elaboración de sus explicaciones sobre el mecanismo que originó esta estructura, deben emplear modelos científicos y, en sus justificaciones, los datos proporcionados.

## Palabras Clave

Competencia científica, uso de modelos, argumentación, sinclinal, geología.

## INTRODUCCIÓN

Existe una amplia gama de estructuras geológicas con las que trabajar las principales teorías y principios de la geología; en este trabajo presentamos un problema basado en la formación del sinclinal de O Courel una formación geológica de Galicia. Este sinclinal ha sido objeto de estudio por parte de geólogos y hemos querido aprovechar ese conocimiento, convirtiéndolo en un problema didáctico para los estudiantes de 1º de bachillerato.

Para ello, se les proporcionó diferente información referente a la formación de dicho pliegue para que sea interpretada por los estudiantes, con la finalidad de que generen una explicación sobre cómo ha tenido lugar la formación del sinclinal de O Courel.

Este planteamiento está enfocado principalmente a la consecución, por parte de los estudiantes, de dos de las tres dimensiones incluidas en la competencia científica (OCDE, 2008), esto es, explicar los fenómenos de forma científica y uso de pruebas científicas. Aunque ambas capacidades se definan y analicen por separado están estrechamente ligadas en la práctica puesto que para establecer por qué una explicación científica es adecuada, se deben proporcionar pruebas que den validez a dicha explicación.

De este modo, el propósito de la actividad (figura 1) es que los estudiantes desarrollen la competencia científica mediante el uso de datos y modelos geológicos para generar una explicación acorde con la información proporcionada, sobre la estructura geológica.

## **LAS EXPLICACIONES CIENTÍFICAS EN EL AULA DE CIENCIAS**

Una explicación científica puede ser entendida como un proceso en que se emplean modelos y pruebas científicas para apoyar o refutar un fenómeno (Reiser, Berland y Kenyon, 2012). Siguiendo a Salmon (1989), una explicación científica trata de dar respuesta a un *por qué*, sin embargo las preguntas iniciadas con un *por qué* pueden tener dos intenciones, o bien el buscar una explicación a los hechos, o sino, aportar las pruebas para apoyar la explicación. De este modo, el uso de modelos con los que dar una explicación y de pruebas que la sustenten están íntimamente ligados, aunque cada uno presenta sus particularidades.

Así, en primer lugar, toda explicación científica está asentada en un modelo científico, el cual se conciben como representaciones abstractas que simplifican un sistema, centrándose en sus características clave para explicar y predecir un fenómeno científico (Schwarz et al., 2009). Dicho de otro modo, los modelos son una representación parcial de un fenómeno natural (Gilbert, Boulter y Elmer, 2000). En el caso que nos ocupa, para poder explicar la antigüedad de los estratos, los estudiantes deben ser capaces de emplear el modelo de superposición de los estratos. Asimismo, para describir el levantamiento de los estratos deben emplear el modelo de la tectónica de placas y el de la formación de los pliegues.

En segundo lugar, el uso de pruebas consiste en la utilización de una observación, hecho o experimento para evaluar un enunciado (Jiménez Aleixandre, 2010). Es importante tener en cuenta que la diferencia entre una prueba y un dato radica en el papel que juegan dentro del discurso, esto es, se entiende por *prueba* aquel dato integrado en una justificación con el que se pretende afirmar o negar una conclusión (Jiménez Aleixandre y Puig, 2011), esto quiere decir que no todos los datos adquieren el rol de prueba. Mientras que un dato sería una información que no se integra en la justificación. Con respecto a la actividad que aquí se propone, los datos incluidos en la noticia de prensa, en las fichas de los fósiles, en las tablas cronoestratigráficas y de potencia de los estratos, constituyen datos en bruto que deben ser interpretados por los estudiantes para ir apoyando los modelos teóricos con los que van a explicar la formación del sinclinal de O Courel.

## **LA TAREA**

La actividad propuesta está planificada para ser empleada en el curso 1º de bachillerato en la materia de biología y geología. Tiene como finalidad el que los estudiantes elaboren una explicación en la que se indique cómo ha tenido lugar la formación del Sinclinal de O Courel, trabajando en pequeño grupo (3-4 estudiantes).

### **Diseño del problema**

La fuente de inspiración para diseñar esta actividad fue “¿De qué trata la historia geológica?” (desarrollada por King en [www.earthlearningidea.com](http://www.earthlearningidea.com)), de la que se tomó la idea de que los estudiantes reconstruyan la historia geológica de una zona próxima a ellos. Para ello, hemos querido emplear una formación geológica bastante significativa de Galicia, sobre la cual apareció una noticia en prensa (figura 2) en la que se afirma que Galicia procede de la unión de dos continentes quedando como “cicatriz” este sinclinal. De ahí que la considerásemos una buena oportunidad para trabajar la geología

con estudiantes gallegos, lo cual coincide con la opinión de Gutiérrez-Marco (2005) quien realiza una descripción del mirador geológico de Campodola haciendo hincapié tanto en su interés como punto turístico como educativo.

El diseño de la tarea está fundamentado en la transposición didáctica de Chevallard (1991) que consiste en la transformación del conocimiento de referencia al conocimiento a enseñar en el contexto educativo. Autores como Tiberghien, Vince y Gaidioz (2009) dividen esta transposición en dos etapas: 1) del *conocimiento de referencia*, que en nuestro caso comprende las nociones de geología, *al conocimiento a enseñar*, en el que se integran los conocimientos delimitados por el currículo junto con su contribución a la competencia científica; y 2) del *conocimiento a enseñar al conocimiento enseñado*, en el que están implicados tanto los estudiantes como el docente.

Aplicado a nuestro caso, el *conocimiento de referencia* comprende los modelos científicos de formación de este sinclinal por fuerzas tectónicas, la composición de los estratos y los fósiles guía empleados como datación relativa. Por ello tuvimos presente el trabajo de Matte (1968) acerca de *La estructura de virgación hercínica de Galicia*, del cual se obtuvieron los datos geológicos relativos a los estratos que conforman el plegamiento así como la potencia de los mismos. Sin embargo, en lo que corresponde a los registros fósiles hemos ampliado la información de Matte con los estudios de Sanz López, Expósito Vaqueiro y Montesinos López (2000).

En cuanto al *conocimiento a enseñar*, en el currículo para la materia de Biología y Geología de 1º de bachillerato (MEC, 2007) se indican qué conocimientos de referencia han de ser llevados al aula. En dicho currículo se detallan los siguientes contenidos relacionados con la tarea: a) principios y procedimientos que permiten reconstruir la historia de la Tierra, b) los fósiles su importancia como testimonio del pasado y c) las eras geológicas: ubicación de acontecimientos geológicos. Además, de tener en cuenta los contenidos, hay que considerar las competencias que deben desarrollar los estudiantes, en este caso resaltamos la competencia científica, que incluye habilidades como la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida propia, de las demás personas y del resto de seres vivos (MEC, 2007).

Como se indica en la actividad (figura 1) los estudiantes disponen de una noticia de prensa (figura 2) de la cual podrán extraer los siguientes datos relevantes:

1. El choque entre Gondwana y Laurasia comenzó hace más de 350 millones de años, lo cual corresponde a finales del Devónico, principios del Carbonífero.
2. Entre ambos continentes había un océano con una fase de sedimentación en esta cuenca oceánica.
3. Debido a la tectónica de placas el acercamiento de los continentes produjo el levantamiento de los sedimentos marinos y su posterior plegamiento, generando lo que hoy conocemos como el Sinclinal de O Courel.

El siguiente conjunto de datos es la tabla de periodos y de rocas predominantes (Figura 3), cuyo objetivo es que los estudiantes sean capaces de establecer la estratigrafía de la que se tiene constancia en la actualidad.

Aunque haya una escasa presencia de fósiles en el sinclinal de O Courel, en los estudios geológicos de la zona, antes mencionados, se encontraron fósiles cuyas fichas aparecen en la figura 4. Cabe indicar que las fotografías que aparecen en las fichas no corresponden con imágenes de los fósiles en dicho sinclinal, ya que fueron construidas para la ocasión. Con ellas los estudiantes deben interpretar la información de estos

fósiles como método de datación relativa para aportar pruebas acerca de cómo se originó este sinclinal.

Por último, se les proporciona una tabla cronoestratigráfica (figura 5) para ayudarles a dar sentido a los datos, ya que nos interesa que reconstruyan la historia geológica del sinclinal.

En la Sierra de O Courel, en particular en la parte que pertenece al Ayuntamiento de Quiroga, se pueden apreciar unas estructuras geológicas de gran magnitud que datan de varios millones de años.

Desde hace años esta estructura es visitada por numerosos visitantes y Geólogos de varios puntos de Europa. Algunos de estos Geólogos investigaron la geología de la Sierra de O Courel, pero cada uno dentro de su propia disciplina (Litología, Paleontología...).

Ante esa afluencia de visitantes el Ayuntamiento de Quiroga instaló un mirador en la Campodola, pero ahora quiere dar un paso más, dotar a este mirador con un panel informativo en el que se narre la historia geológica más relevante de esta Sierra. Para eso pide colaboración a los estudiantes de Geología de Galicia, pues considera que es una buena forma de dar a conocer esta formación geológica.

El problema es que disponemos de varias piezas de información que se pueden ver a continuación. Por lo tanto, debéis reunir esas piezas y reconstruir la historia geológica de la sierra, de una forma simple e indicando los materiales que la forman.

Información de la que disponéis:

1. Noticia de prensa
2. Tabla de las eras y rocas predominantes
3. Fichas de los fósiles encontrados
4. Tabla cronoestratigráfica

Figura 1. Tarea presentada a los estudiantes.

## SOCIEDAD

### O COUREL

#### El pliegue geológico que dio origen a Galicia será protegido

El sinclinal de O Courel es la huella visible de la unión de dos continentes

r. romar

Redacción / La Voz 4/9/2011

Hace más de 350 millones de años, Galicia como tal no existía. Estaba separada en dos partes. La occidental pertenecía al continente de Laurasia y la oriental al de Gondwana, pegada a la que hoy es África. Y, entre medias, un océano. La superficie de la comunidad, tal y como es hoy, empezó a fraguarse con el choque de placas de ambos continentes hace 350 millones de años. Desde entonces ha quedado unida y la prueba visible de esa gigantesca colisión de placas es el gran plegamiento acostado de O Courel, una estructura geológica visible que fue el primer terreno en emerger al levantarse los sedimentos marinos del antiguo océano y plegarse luego en forma de acordeón.

El pliegue geológico que ahora domina a las aldeas de Campodola y Leixazos, en el municipio de Quiroga, figura como punto de interés geológico de rango internacional desde 1983, pero hasta ahora carece de protección. Pero no será por mucho tiempo, después del acuerdo inicial alcanzado entre el Concello de Quiroga y la Consellería do Medio Rural para delimitar la zona de la estructura geológica que pasará a ser declarada como monumento natural. La propuesta de base, presentada por la Subdirección Xeral de Espazos Naturais e Biodiversidade a mediados de julio, acaba de ser consensuada por las partes, lo que llevará a la redacción de un estudio definitivo que culminará en la preservación de este patrimonio geológico.

La nueva delimitación se ciñe, según la Xunta, al ámbito de las áreas «naturais e xeomorfolóxicas imprescindibles para a conservación do

pregamento, sen comprometer os usos do territorio máis do necesario para garantir a súa conservación».

Este equilibrio entre la protección del pliegue y la salvaguarda de los intereses vecinales en el aprovechamiento de los recursos forestales es lo que también ha destacado el coordinador de los museos etnográficos y geológicos de Quiroga, Ramón Vila Anca, que subrayó que «tódalas partes estivemos de acordo, e o que se vai a acadar é que toda a parte visible do sinclinal -el pliegue quede protexida».

«El pliegue -destaca el catedrático de Geología Juan Ramón Vidal Romani- es lo que queda de la primera Galicia que se formó hace 350 millones de años».

© Copyright LA VOZ DE GALICIA S.A. Disponible el 20 de octubre del 2011, en [http://www.lavozdeg Galicia.es/sociedad/2011/09/04/0003\\_201109G4P35991.htm?utm\\_source=buscavoz&utm\\_medium=buscavoz](http://www.lavozdeg Galicia.es/sociedad/2011/09/04/0003_201109G4P35991.htm?utm_source=buscavoz&utm_medium=buscavoz)



Sinclinal de O Courel. [fotografía]. En Picasa Web (Google). Extraído desde <http://picasaweb.google.com/h/photo/dqJrH8pAcxPZKNylujK01g?full-exif=true>

Figura 2. Noticia de prensa.

PERIODO	ROCA PREDOMINANTE	POTENCIA (m)
Devónico	Calizas	Indeterminada
Silúrico	Pizarras	3000
Ordovícico	Esquistos Intercalaciones de caliza	12000
Cámbrico		

Figura 3. Tabla con la roca predominante en cada periodo.





<p><b>DIDYMOGRAPTUS</b> Vivieron durante el ordovícico inferior y medio. Sus fósiles se preservan en pizarras y arcillas. Son un grupo de animales coloniales marinos.</p>	
<p><b>BRAQUIÓPODOS</b> Son un grupo de bivalvos no extinto que apareció en el Cámbrico tuvo su apogeo máximo durante el Devónico. Los braquiópodos fósiles se preservan en calizas. Son invertebrados marinos, recuerdan a los berberechos.</p>	
<p><b>ARCHAEOCYTATHA</b> Exclusivos del Cámbrico inferior Se preservan en rocas calcáreas Son un grupo de animales marinos, semejantes a las esponjas</p>	
<p><b>MONOGRAPTUS</b> Son un género de los graptolites que vivieron durante el Silúrico. Sus fósiles se encuentran en pizarras Son un grupo de animales coloniales marinos</p>	

Figura 4. Fichas de elaboración propia sobre los fósiles encontrados en O Courel. Las imágenes y la información fueron tomadas de la Encyclopaedia Britannica Online ([www.britannica.com](http://www.britannica.com)).

ERA	PERIODO	SERIE	Millones de años (m.a.)
<b>CENOZOICO</b>	Cuaternario	Holoceno	0,012-actualidad
		Pleistoceno	1.6-0,012
	Terciario	Plioceno	5-1.6
		Mioceno	25-5
		Oligoceno	36-25
		Eoceno	54-36
		Paleoceno	66-54
<b>MESOZOICO</b>	Cretácico		135-66
	Jurásico		205-135
	Triásico		250-205
<b>PALEOZOICO</b>	Pérmico		290-250
	Carbonífero		360-290
	Devónico		408-360
	Silúrico		438-408
	Ordovícico		510-438

Cámbrico	570-510
<b>PRECÁMBRICO</b>	

Figura 5. Tabla cronoestratigráfica.

### Procedimiento de resolución

La metodología de resolución de este problema implica el procesamiento de la información disponible para su empleo en las explicaciones pertinentes. Siguiendo en modelo de Dushl (1990, tomado de Duschl y Erduran, 1996), para elaborar las explicaciones científicas debe procesarse la información desde los datos suministrados (data), transformándolos en datos concretos (hard data) e identificando patrones (patterns) que se integren en una teoría científica.

una elaboración de los datos que se proporcionan hasta obtener patrones que permitan compararlos y ordenarlos para emplear en las explicaciones. Esta elaboración de los datos sigue el modelo de en que se propone una elaboración desde los datos hasta las explicaciones científicas, la cual ha sido adaptada a la actividad como se muestra en la tabla 1.

NIVEL	Datos	Datos concretos	Patrones	Teorías científicas	Explicaciones científicas
<b>Significado</b>	Datos proporcionados	De los datos proporcionados se seleccionan los que dan información útil	Relaciones entre los datos concretos que forman patrones	Teorías, modelos o principios para explicar los patrones	Incluye los niveles anteriores para dar una explicación
<b>Actividad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Noticia de prensa</li> <li>• Tabla de la composición y potencia de los estratos</li> <li>• Fichas de fósiles</li> <li>• Tabla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 350 millones de años</li> <li>• Existencia de un océano</li> <li>• Periodo de los fósiles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrar la información relativa para cada estrato: composición fósil guía y periodo de formación</li> <li>• Ordenar los estratos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de estratos</li> <li>• Significado de los fósiles guía</li> <li>• Fuerzas tectónicas</li> <li>• Formación de pliegues</li> </ul>	Esta explicación correspondería a la que se indica a continuación

cronoestrati-  
gráfica

según su  
antigüedad

*Tabla 1. Proceso de elaboración de los datos.*

Una vez los datos han sido interpretados, tienen que encajar en los modelos que se empleen al explicar cómo ha tenido lugar la formación del sinclinal. Esto implica ordenar la secuencia de sucesos desde la formación de los sedimentos marinos, cuando ambos continentes estaban separados, hasta la elevación de los estratos por fuerzas tectónicas. Ésta secuencia constituye un aspecto clave en la resolución del problema, puesto que los estudiantes podrían no comprender que los materiales son depositados antes de su levantamiento, lo que provocaría una explicación que no se correspondería con los datos proporcionados.

Con estos datos, lo que se espera es que los estudiantes sean capaces de reconstruir la historia geológica del Sinclinal de O Courel de una forma similar a la que sigue:

*A comienzos y mediados del Paleozoico hubo una fase de sedimentación en la cuenca oceánica que estaba situada entre los dos grandes continentes: Gondwana y Laurasia. A finales del Devónico, estos grandes continentes se aproximaron hasta su choque provocando el levantamiento de los sedimentos marinos que hoy constituyen el plegamiento del Courel. Esto explica la aparición de fósiles marinos en esta sierra. Actualmente, siguiendo la estratigrafía del sinclinal encontramos los siguiente estratos pertenecientes al Paleozoico:*

- 1. Cámbrico: predominan los esquistos con intercalaciones de calizas en las que encontramos fósiles de Archaeocyatha.*
- 2. Ordovícico: la litología es la misma que en el Cámbrico, pero los fósiles presentes en las calizas corresponden a Didymograptus. Estos dos estratos presentan un espesor de 12000 metros.*
- 3. Silúrico: las rocas que predominan son pizarras, en las que se encuentran fósiles de Monograptus.*
- 4. Devónico: predominan las calizas, donde se encontraron fósiles de braquiópodos.*

Para finalizar con la actividad, se les da una última pregunta que nos dará a conocer si están entendiendo el mecanismo por el que se generó el sinclinal, esta pregunta no se entrega a los estudiantes hasta que no finalicen de escribir la historia, y dice: “¿Por qué no hay más datos registrados a partir del Devónico?”. Podríamos pensar en tres tipos de respuestas esperadas del alumnado: 1) porque no se estudió esa parte, 2) porque no hubo deposición o bien 3) porque hubo predominio de procesos erosivos que eliminaron esa capa. Esta última es la más adecuada considerando el hecho de que “en la mayor parte del Noroeste de la península, esta historia no se puede reconstruir al Silúrico como depósitos posteriores se han eliminado por la erosión. Nos encontramos Devónico-Dinantiense bajo la Cordillera Cantábrica o en unos pocos puntos aislados de Galicia” (Matte, 1968, pp.267).

## **CONSIDERACIONES FINALES**

La actividad está orientada para la educación secundaria, en particular, para 1º de Bachillerato, debido a su complejidad, aunque ello no impide su puesta en práctica en otros niveles con modificaciones de menor o mayor calado.

Consideramos que la actividad en sí presenta dos tipos de dificultades para el alumnado, la primera está vinculada al contexto disciplinar ya que no están familiarizados con la aplicación del contenido teórico a casos concretos y reales como el que se les presenta. La segunda dificultad se relaciona directamente con la metodología de resolución del problema para aquellos estudiantes no habituados al uso de datos como pruebas en sus justificaciones.

A modo de conclusión, la ventaja más resaltable de esta actividad es que permite integrar los conocimientos de geología con el desarrollo de las capacidades englobadas en la competencia científica.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo forma parte del proyecto EDU-2012-38022-C02-01, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique* (2nd ed.). Grenoble, France: La Pensée Sauvage.

Duschl, R., y Erduran, S. (1996). Modelling the growth of scientific knowledge. *Research in Science Education in Europe*, 153-165.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., y Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.). *Developing models in science education* (pp. 3-17). Dordrecht. Kluwer Academic Publisher.

Gutiérrez-Marco, J. C. (2005). El primer mirador geológico de Galicia (gran pliegue acostado de O Courel, Lugo). *De Re Metallica*, 5, 13-20.

Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave: Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.

Jiménez Aleixandre, M.P. y Puig, B. (2011). The role of justifications in integrating evidence in arguments: making sense of gene expression. Trabajo presentado en la conferencia ESERA, 5-9 de septiembre de 2011, Lyon, Francia.

Matte, P. (1968). La structure de la virgation hercynienne de Galice (Espagne). *Géologie Alpine*, 44, 157-280.

MEC (2007). Real Decreto 1631/2006, del 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. BOE del 5 de enero de 2007. Madrid.

OCDE (2008). Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo de mañana. Santillana: Madrid

Reiser, B. J., Berland, L. K., y Kenyon, L. (2012). Engaging students in the scientific practices of explanation and argumentation. *Science and Children*, 49(8), 8-13.

Salmon, W. C. (1989). Four decades of scientific explanation. En: Kitcher, P y Salmon, W. C. (Eds.). *Scientific Explanation*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Sanz López, J., Expósito Vaqueiro, C. M., y Montesinos López, J. R. (2000). Estratigrafía y conodontos del Devónico Inferior del sinclinal del Caurel-Peñalba (NO de España). En: Díez, J.B. y Balbino, A.C. (eds), *I Congreso Ibérico de Paleontología, XVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología y VII International Meeting of IGCP 421*, Évora 2000.



Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., yKrajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.

Tiberghien, A., Vince, J. e Gaidioz, P. (2009). Design-based Research: Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of ScienceEducation*, 31 (17), 15, pp. 2275–2314