

13	BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA EN LA LOMLOE (Blanca Puig, Noa Ageitos)	403
	1. Introducción	404
	2. Cuestiones curriculares de especial relevancia en Biología y Geología	405
	3. Las enseñanzas mínimas de Biología y Geología: novedades y valoración	408
	4. Los currículos de Biología y Geología en las diferentes comunidades autónomas	412
	5. Ejemplo de una situación de aprendizaje modélica: “¿Para qué vacunarse?”	414
	6. Recursos para el trabajo del currículo de Biología y Geología	423
	7. Ejemplo de una situación de aprendizaje modélica: “¿Para qué vacunarse?”	425
	8. Referencias bibliográficas	427

13

**BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA
EN LA LOMLOE**

B l a n c a P u i g

N o a A g e i t o s

1. Introducción

La enseñanza de Biología y Geología **ha sufrido cambios** en las sucesivas reformas educativas de las tres últimas décadas. Con la Ley Orgánica de Educación (LOE), se introdujeron las competencias básicas con afán de fundamentar la enseñanza de ciencias y de otras disciplinas en su desarrollo a lo largo de la educación obligatoria. La **nueva ley educativa**, la Ley Orgánica de Modificación de la Ley Orgánica de Educación (LOMLOE), apuesta por reforzar la **enseñanza basada en competencias**, proponiendo “situaciones de aprendizaje” para su desarrollo y poniendo como piedra angular del currículo el “perfil de salida” del alumnado. Este perfil de salida, por un lado, concreta los principios y fines del sistema educativo; por otro, ayuda a orientar la práctica educativa.

Este capítulo analiza el **currículo de Biología y Geología** de la Educación Secundaria Obligatoria. El objetivo es dar a conocer las **novedades y cambios** que introduce el nuevo modelo, así como los principales retos que plantea su implementación en las aulas de secundaria. Una de las críticas más repetidas a todas las reformas educativas es su escaso efecto en las formas de enseñar. El profesorado que ya trabajaba por competencias continuaba con este modelo de enseñanza, y el que optaba por metodologías más tradicionales, memorísticas, también lo hacía. El nuevo modelo de currículo de Biología y Geología induce a **un cambio de enfoque** en la forma de enseñar, incorporando elementos nuevos como las competencias específicas y situaciones de aprendizaje, que obligan a vincular la ciencia con los problemas sociales. Este capítulo pone de relieve en qué consiste este nuevo enfoque y cuáles son sus implicaciones educativas.

El capítulo se desarrolla, además de en esta introducción, en siete apartados relacionados entre sí. El **segundo apartado** se centra en presentar el estado de la cuestión en el currículo de Biología y Geología. Se abordan cuestiones curriculares claves para la mejora de la enseñanza de esta materia, así como los principales desafíos que plantea su implementación. El **tercer apartado** discute los elementos y características más destacadas de las enseñanzas mínimas de Biología y Geología, realizando una valoración crítica sobre estas. El **cuarto apartado** analiza los currículos de las distintas comunidades autónomas de nuestro país con el fin de mostrar aquellos aspectos que implican mayores avances y que ayudan a guiar al docente en su implementación.

A continuación, el **quinto apartado** desarrolla una secuencia de situaciones de aprendizaje modélica para el abordaje de contenidos de Biología de especial relevancia: la vacunación. Se presentan distintas actividades, así como un ejemplo ilustrativo de cómo evaluar el apren-

dizaje del alumnado en base al currículo. El **sexto apartado** ofrece información útil para el/la docente sobre repositorios de recursos web innovadores para la enseñanza de Biología y Geología, alineados con el nuevo currículo. Finalmente, el **séptimo apartado** realiza una valoración crítica del currículo, centrada en las principales dificultades de su implementación. Se discuten algunos retos que tendrá que afrontar el profesorado, con algunas claves para superarlos y adoptar este nuevo enfoque curricular.

2. Cuestiones curriculares de especial relevancia en Biología y Geología

La enseñanza de Biología y Geología se enfrenta a nuevos desafíos derivados, en gran medida, del **contexto en el que vivimos**, de emergencia climática y aumento de los movimientos anticiencia. La necesidad de formar una **ciudadanía empoderada** con capacidad crítica para la toma de decisiones y acciones responsables para la salud ambiental y humana es evidente. En respuesta a esta situación, abordamos tres aspectos curriculares: el pensamiento crítico y científico, las prácticas científicas y la competencia de acción, que consideramos integrados y eje vertebrador del currículo de Biología y Geología.

Un currículo para el desarrollo de pensamiento crítico y científico

La Educación Secundaria es una etapa crucial en el desarrollo de una **alfabetización científica** para una ciudadanía crítica y reflexiva, lo que el currículo de ciencias ha de facilitar mediante un enfoque de aprendizaje de ciencias que gire alrededor de cuatro ejes (Pedrinaci, Caamaño, Cañal y de Pro, 2012):

- **Aprender ciencia**, promoviendo el desarrollo de un conocimiento teórico.
- **Aprender sobre ciencia**, para lograr una comprensión básica de la naturaleza de la ciencia y de las interacciones ciencia-tecnología-sociedad.
- **Aprender a hacer ciencia**, mediante el desarrollo de actitudes y prácticas científicas para la resolución de problemas.
- **Aprender a afrontar problemas sociocientíficos**, mediante el desarrollo de pensamiento crítico para la toma de decisiones responsables sobre problemas que nos afectan.

Un currículo de ciencias que apoye este enfoque requiere poner el énfasis en la **construcción de explicaciones** sobre el mundo natural y sobre la naturaleza de la ciencia, poniendo las prácticas de la ciencia o prácticas científicas en el **centro de enseñanza**. Este modelo de enseñanza de ciencias, más auténtico con relación a la práctica científica, implica el desarrollo de investigaciones guiadas y abiertas en el aula que partan de situaciones de aprendizaje o contextos que involucren la aplicación de conocimientos y la práctica de pensamiento crítico.

El **nuevo decreto** de enseñanzas mínimas (Real Decreto 217/2022, de veintinueve de marzo) **facilita** este modelo de enseñanza, incorporando estos tres elementos: “los saberes básicos”, las “situaciones de aprendizaje” y las “competencias específicas”, estrechamente vinculados entre sí. Además, el **pensamiento crítico** cobra especial relevancia como elemento transversal cuyo desarrollo es posible mediante situaciones de aprendizaje específicas que involucren cuestiones sociocientíficas (Hodson, 2003). El pensamiento crítico constituye uno de los objetivos cruciales de los sistemas educativos, y es considerado una competencia clave incluida en el Marco Europeo de Referencia (Diario Oficial de la Unión Europea, 2018).

Se trata de una noción compleja que puede definirse de distintos modos. La mayoría de las definiciones incluyen una serie de componentes relacionados con el “juicio razonado” (la argumentación); sin embargo, el pensamiento crítico implica también otra serie de componentes relacionados con la **“participación y justicia social”**, que involucran la capacidad para desarrollar un pensamiento independiente y para criticar las desigualdades sociales y discursos que las justifican (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2022). Esta componente de emancipación social, equivalente a lo que Piaget (1974) denominó “*descentration*”, es decir, ser capaz de salirse del punto de vista propio y atender a las demás perspectivas, requiere de un currículo de ciencias que facilite la **interacción social en el aula**, entre otras cosas.

Enseñar ciencias es enseñar a pensar (Sacristán, 2020) y a mirar el mundo con **“gafas críticas”**. Es valorar la utilidad de la ciencia y su papel en la construcción de explicaciones y resolución de problemas que nos afectan, entendiéndola como el **mejor conocimiento disponible** del que disponemos en un momento determinado, susceptible a poder cambiar si aparecen nuevas pruebas.

Un currículo de ciencias para el desarrollo de pensamiento crítico y científico implica tener en cuenta todo lo anterior involucrando al alumnado en **procesos propios** de la investigación científica escolar o indagación científica.

Aprender ciencias implica poner en práctica las prácticas científicas

La regulación de las enseñanzas mínimas de Educación Secundaria (Real Decreto 217/2022, de veintinueve de marzo) está centrada en el **desarrollo de competencias**, las cuales fueron introducidas con la LOE en el año 2006. Desde entonces, su presencia ha ido **ganando impulso**. La competencia científica implica la capacidad de llevar a cabo los procesos propios de análisis e indagación científica: identificar y presentar problemas; realizar observaciones con conciencia del marco interpretativo que las dirige; formular preguntas; localizar, obtener y analizar informaciones; enunciar hipótesis; realizar predicciones e inferencias; e identificar el conocimiento disponible, necesario para responder a las preguntas y para obtener, evaluar y comunicar conclusiones (Jiménez, Sanmartí y Couso, 2011).

Diferenciamos **tres prácticas científicas** necesarias para la alfabetización científica: la indagación, la modelización y la argumentación, que, aunque abordemos de manera separada, en la práctica pueden articularse de forma simultánea. La **indagación científica** conlleva la resolución de problemas mediante la aplicación de metodologías experimentales, lo que implica el desarrollo de argumentos y a su vez, en ocasiones, la práctica de modelización. La **modelización** puede definirse como la construcción de modelos, es decir, la construcción de representaciones simplificadas y/o parciales de fenómenos o entidades con el objetivo de describir, predecir y explicar aspectos que nos interesen de estos (Justi, 2006; Couso, 2020). El currículo de ciencias debe integrar estas tres prácticas, a fin de enseñar ciencia a través de la ciencia. El objetivo no es solo generar más vocaciones científicas, sino promover mentes científicas entre el alumnado.

La competencia de acción en el currículo de ciencias

El programa de evaluación PISA 2024 (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2020) hace hincapié en la importancia de conectar la ciencia con los **intereses del alumnado**, con el fin de formar consumidores y productores críticos de ciencia para apoyar la agencia en un mundo cambiante. El actual escenario que vivimos, de cambios sociales y avances científicos rápidos, ha dado lugar a la **recomendación**, por parte de los expertos de este programa, de incorporar nuevas competencias como “utilizar el conocimiento científico para la toma de decisiones y acciones” responsables. En consecuencia, la enseñanza de Biología y Geología debe facilitar el desarrollo de esta competencia para la acción.

El nuevo marco 2030 de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD Learning Framework 2030) pone el énfasis en la necesidad de **abordar los desafíos emergentes** de la sociedad y en que los futuros estudiantes practiquen la **“agencia”**. Y es que uno de los principales componentes que faltan en los sistemas educativos actuales es integrar la agencia en la educación científica del alumnado. La práctica de pensamiento crítico en contextos sociocientíficos puede facilitar el desarrollo de la competencia de acción. Es decir, que el alumnado tome conciencia y responsabilidad en el abordaje de problemas emergentes, siendo sus acciones beneficiosas para la sociedad y el medioambiente.

3. Las enseñanzas mínimas de Biología y Geología: novedades y valoración

La ciencia escolar no se nutre solo de la ciencia de los científicos, sino que gran parte se basa en la publicidad, los medios sociales o el entorno familiar, entre otros. Su **utilidad para el alumnado** también es distinta, lo que la nueva propuesta curricular de enseñanzas mínimas para Biología y Geología intenta cubrir mediante un enfoque competencial basado en situaciones de aprendizaje. Se brinda la **oportunidad** de acercar la ciencia al alumnado, conectando esta con su realidad y con los grandes problemas globales urgentes relacionados con la salud humana y ambiental a los que nos enfrentamos en el presente, y a los que nos tendremos que anticipar buscando soluciones creativas basadas en el pensamiento crítico. La meta es enseñar al alumnado a usar conocimientos específicos integrando valores para llevar a cabo **acciones responsables**, como las que plantean los objetivos de desarrollo sostenible de la Unesco: cuidar el medioambiente, integrar hábitos de vida saludables, optar por un modelo de consumo sostenible, etc.

Se incorporan aspectos esenciales para la **mejora de la enseñanza y aprendizaje** de Biología y Geología, entre los que destacan: la toma de conciencia, la agencia frente a problemáticas sociocientíficas, así como el desarrollo de un pensamiento sistémico. Se busca además que el alumnado valore el papel de la ciencia y su importancia para el desarrollo social en términos de sostenibilidad ambiental.

La nueva orientación de esta propuesta curricular pretende desarrollar la alfabetización científica para el **compromiso y agencia ciudadana** mediante seis competencias específicas que estimulan la activación de conocimientos vinculados a esta y otras disciplinas. Estas competencias traen como novedad el **desarrollo de “sentido crítico”** (que consideramos

equivalente al pensamiento crítico) en contextos relacionados con el auge de las noticias falsas, las pseudociencias y las amenazas al bienestar ambiental y social derivadas de la acción humana. Son situaciones que la actual pandemia de la COVID-19 ha puesto en evidencia.

Mediante la elección de estas competencias, se prioriza la capacitación del alumnado para el ejercicio de un pensamiento crítico informado que los involucre en el desempeño de **prácticas propias de la investigación científica**, como la búsqueda y análisis de información fidedigna, el uso de datos o pruebas en la elaboración y evaluación de argumentos, etc. De este modo, se pretende promover no solo consumidores críticos, capaces de diferenciar ciencias de pseudociencias, sino también productores de ciencia crítica capaces de **aplicar conocimientos** científicos para resolver problemas cotidianos que requieren de la biología y de la geología.

Sin embargo, el carácter específico de estas competencias no resulta evidente hasta llegar a las dos últimas, que relacionan el desarrollo de pensamiento crítico y prácticas científicas con **situaciones específicas de aprendizaje** de Biología y Geología. Las cuatro primeras, íntimamente relacionadas entre sí, presentan un carácter más transversal. Teniendo en cuenta que el desarrollo de competencias específicas depende del contexto en el que se articulen, y a su vez, de los saberes disciplinares, el currículo de Biología y Geología **ha de integrar ambos**.

El nuevo currículo actualiza el enfoque de evaluar las competencias en Secundaria. La Ley Orgánica 8/2013, de nueve de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) introducía la elaboración de un **Consejo Orientador** con el grado de logro de los objetivos y de adquisición de las competencias correspondientes al final de cada curso académico de la Educación Secundaria Obligatoria. El nuevo real decreto avanza en este sentido introduciendo el **perfil de salida**, que constituye el referente último del desempeño competencial y fundamenta el resto de las decisiones curriculares y metodológicas.

La **organización de saberes básicos** de primero a tercero de la Educación Secundaria Obligatoria en ocho bloques permite continuar trabajando conocimientos introducidos en Primaria, lo que es pertinente, aunque su alcance resulta ambicioso. Se amplían contenidos de cinco bloques: “Proyecto científico”, “Seres vivos”, “Ecología y sostenibilidad”, “Cuerpo humano”, “Hábitos saludables”; y se integran saberes novedosos en tres bloques: “La célula”, “Geología”, “Salud y enfermedad”. En cuarto, se amplían los bloques de “Proyecto científico” y “Geología” y se incorporan dos nuevos bloques: “Genética y evolución” y la “Tierra en el universo”. Esta organización, que puede resultar abrumadora, **podría mejorarse** en dos sentidos:

- **Reduciendo el número de bloques**, uniendo los tres relacionados con la salud y el cuerpo humano en un único bloque, y el de seres vivos con ecología y sostenibilidad en otro bloque.
- **Estableciendo una progresión de aprendizajes básicos** que contemple la complejidad cognitiva de las nociones, así como la interdependencia entre estas.

Cabe preguntarse cómo podemos ayudar al alumnado a entender la noción de ser vivo sin introducir la teoría de la evolución que explica el origen común de las especies. Además, no se prioriza **una visión holística** de los fenómenos biológicos y geológicos, y, en consecuencia, la integración de saberes alrededor de estos.

Asimismo, conviene reflexionar sobre la necesidad de incorporar de manera más explícita una **visión interdisciplinaria** en la que se integren distintas perspectivas (científica, histórica, geográfica, de igualdad de género, de respecto a los valores, cultural y de sustentabilidad), que permita explicar las **relaciones que se establecen entre ciencia y sociedad**.

El nuevo modelo de currículo menciona el término “interdisciplinariedad”, pero no articula de forma clara este enfoque. Por ejemplo, no se conectan el sistema tierra y los seres humanos, lo que resulta clave para poder aplicar la visión “one health” (“Una sola salud”), que el nuevo modelo de currículo, muy acertadamente, pretende fomentar.

Además, no se percibe una relación explícita entre los distintos niveles de organización (molecular, celular, poblacional o ecosistema), lo que **es imprescindible** para poder comprender cómo funciona la naturaleza y adoptar una visión sistémica que contemple al ser humano como parte de los sistemas a los que pertenece y que interactúa con ellos. **Aplicar esta visión** constituye uno de los principales problemas en el aprendizaje de la Biología y Geología, tal como señala la investigación en didáctica de ciencias (Ageitos, Puig y Calvo-Peña, 2017; Puig y Uskola, 2021).

La propuesta curricular resulta además poco realista y selectiva respecto a los aprendizajes esenciales que se pretenden lograr. La **sobrecarga de contenidos** a impartir en un exiguo horario convierte la tarea de enseñar en todo un desafío para el docente. Con todo, y a pesar de la amplitud de saberes básicos propuestos, no se mencionan el **sistema oceánico y la cultura oceánica**.

Esto contrasta con la propuesta de incorporar aspectos de la vida submarina como el rol de los océanos y su relación con el cambio climático en el decimocuarto objetivo de desarrollo sostenible. La inclusión del

decimocuarto objetivo de desarrollo sostenible (“Conservar y utilizar sustentablemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sustentable”) conlleva cambiar nuestro estilo de vida y nuestra forma de pensar y actuar, lo que el nuevo marco curricular estimula, pero no en relación con el medio marino.

Saberes indispensables como la genética y evolución, aunque parece que se integran, siguen tratándose de manera separada, lo que propicia una **visión compartimentalizada** como en el pasado. Además, es preocupante que se traten en el último curso, cuando Biología pasa a ser una materia optativa.

Esto significa que una gran parte del alumnado no accederá a conocimientos para **interpretar fenómenos de la evolución** que continúan operando hoy día, ni a los avances de genética, cuya comprensión es indispensable para la toma de decisiones responsable e informada, competencia que se pretende desarrollar.

Es especialmente relevante el caso de la **geología**, que **se ve relegada a un segundo plano** en los cursos de primero a tercero, tratando principios básicos de mineralogía y la geosfera y relegando temas tan importantes como los riesgos geológicos, especialmente en un contexto como la reciente erupción del volcán de La Palma o los efectos de la tectónica, a cuarto de la Educación Secundaria Obligatoria. Sería necesario incorporar aspectos que permitan valorar **la utilidad de la geología** para la interpretación de elementos o fenómenos naturales, lo que no se fomenta hasta el último curso.

Respecto a la **evaluación**, la eliminación de los estándares de aprendizaje se considera favorable, puesto que dota de mayor libertad al docente a la hora de evaluar los aprendizajes alcanzados. Los **criterios de evaluación** se articulan de forma clara, siendo su formulación útil para que los docentes puedan evaluar con más precisión el grado de desarrollo competencial de su alumnado. Estos criterios incluyen indicadores equiparables con niveles de desempeño de competencias.

Sin embargo, conviene replantearse si estos criterios son alcanzables teniendo en cuenta el tiempo que vamos a poder invertir en la enseñanza de la Biología y la Geología, que **continúa siendo insuficiente**. Un currículo que posibilite la activación de conocimientos científicos y de pensamiento crítico para la participación social es lo deseable, pero hemos de pensar que esto requiere tiempo. No resulta lógico **repetir errores anteriores**. Caminemos hacia la integración ciudadana de nuestro alumnado disponiendo de más tiempo, motivación y dedicación para una enseñanza efectiva de Biología y Geología.

4. Los currículos de Biología y Geología en las diferentes comunidades autónomas

Todos los currículos de Biología y Geología de las comunidades autónomas tienen en común los elementos básicos propuestos en el Real Decreto 217/2022, de veintinueve de marzo, es decir, las **competencias específicas**, los **criterios de evaluación** y los **saberes básicos**, aunque presentan algunas diferencias entre sí. En este apartado, intentaremos desarrollar aquellos aspectos de los currículos de las comunidades autónomas que suponen mayores avances, mejoras a destacar, que puedan guiar al docente en su implementación.

El Real Decreto 217/2022 propone trabajar un conjunto de saberes básicos para desarrollar las competencias específicas durante los cursos de primero a tercero de la Educación Secundaria Obligatoria. Uno de los cambios más extendidos en los currículos de las comunidades autónomas es introducir un **reparto por cursos**; es lo que sucede, por ejemplo, en los currículos de la **Región Murcia** o **La Rioja**. Esta distribución se asemeja a la separación de contenidos por cursos de la LOMCE, trabajando los saberes básicos relacionados con los seres vivos en el primer curso y el cuerpo humano, hábitos saludables y salud y enfermedad en el tercer curso. Los saberes básicos relacionados con la célula, el proyecto de investigación, geología y ecología y sostenibilidad suelen presentarse en ambos cursos.

Algunas comunidades amplían los saberes básicos y/o criterios de evaluación propuestos, como es el caso de la **Comunidad de Madrid**. En estos casos no solo se produce un incremento de los saberes, sino que se realiza una mayor concreción o explicación. En esta dirección, la **Comunidad Valenciana** no solo aumenta el número de competencias específicas de seis a once, sino que incorpora los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas en la introducción y los relaciona directamente con las competencias específicas y los saberes básicos.

El nuevo Real Decreto 217/2022, en su anexo tercero, recoge las características de las **situaciones de aprendizaje** que se deben dar en el aula para promover un aprendizaje significativo en el alumnado. Diversas comunidades autónomas desarrollan las situaciones de aprendizaje y las contextualizan para el aprendizaje de Biología y Geología. Estas orientaciones metodológicas, propuestas tanto en el Real Decreto 217/2022 como en los decretos de las comunidades autónomas, se basan en hacer al alumnado el centro del proceso y su participación promoviendo su motivación. El **Principado de Asturias** propone personalizar la respuesta educativa utilizando un diseño universal para el aprendizaje, que contempla formas de implicación o motivación para las tareas propuestas centrándose en el por qué, cómo o qué se aprende.

Una de las estrategias más recogidas en los currículos es apostar por el trabajo experimental en el laboratorio de ciencias y el trabajo de campo, como ocurre en el **Principado de Asturias, Galicia** o **Canarias**. En concreto, en Canarias abogan por una integración de los conocimientos prácticos y teóricos evitando la realización de prácticas de laboratorio separadas temporalmente de los saberes básicos trabajados. En el caso de la Región de Murcia, cabe destacar la introducción de la flexibilización en la disposición del aula y otros espacios, lo que se relaciona con líneas de innovación como los espacios de enseñanza innovadores. Además, esta comunidad incluye de forma explícita el desarrollo del pensamiento crítico como estrategia metodológica.

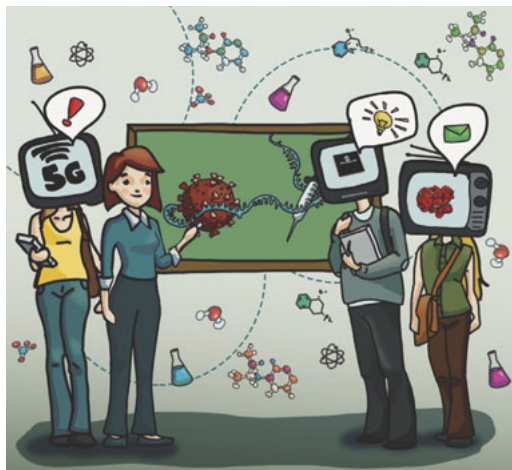
Una propuesta interesante la encontramos en el documento de **Castilla y León**, que propone trabajar el currículo en espiral asegurando una perspectiva integradora y gradual de contenidos, así como un enfoque holístico de la materia. Este enfoque se relaciona con el aprendizaje interdisciplinar, propuesto en el Real Decreto 217/2022, y desarrollado en documentos como el de Castilla y León o **Galicia**.

Respecto a la **evaluación**, Castilla y León propone un enfoque realmente competencial. En esta misma línea, **Aragón** valora positivamente la propuesta de problemas complejos que requieran un pensamiento sistémico y desarrolla de modo contextualizado qué, cómo, cuándo y quién evaluar. El documento de esta comunidad destaca por su “apartado cuarto de orientaciones didácticas y metodológicas”, en el que se recogen los aportes más relevantes en investigación de didáctica de ciencias contextualizadas a su aplicación en el aula. Se sugiere **cómo desarrollar situaciones de aprendizaje** adaptadas al currículo donde se trabajen las competencias y que sean motivadoras para el alumnado; además de presentar ejemplos concretos y detallados de estas situaciones de aprendizaje como “¡Esto es la leche!”. El documento se completa con una lista de referencias bibliográficas que pueden resultar de interés para profundizar en los aspectos tratados.

Parte de los currículos apuestan por una mayor continuidad con la nomenclatura utilizada en los decretos LOMCE, incluyendo contenidos, estándares de aprendizaje u objetivos de etapa. Ejemplos de esto podemos encontrarlo en los documentos de **Canarias, Galicia** o **Castilla y León**.

En resumen, en los currículos desarrollados por las diferentes comunidades autónomas, podemos encontrar propuestas **más continuistas** con el currículo anterior, y otras **más innovadoras**, relacionadas con las últimas investigaciones en didáctica de ciencias. Es el caso de **Aragón**, que articula ejemplos concretos sobre situaciones de aprendizaje. Todas las propuestas, en mayor o menor medida, contextualizan los elementos para poder motivar e involucrar al alumnado en el desarrollo de prácticas científicas y alcanzar, así, los retos propuestos en el currículo.

5. Ejemplo de una situación de aprendizaje modélica: “¿Para qué vacunarse?”



Presentamos seguidamente un ejemplo de situación de aprendizaje modélica sobre las vacunas y la controversia que generan en el contexto de la **pandemia de la COVID-19**. La propuesta está diseñada para tercero de Educación Secundaria Obligatoria. Se presenta la polémica que suscitan las nuevas vacunas debido a la difusión de noticias sobre sus posibles efectos secundarios. La sobreinformación y/o desinformación sobre las vacunas genera **confusión e inseguridad ciudadana** acerca de su papel en la prevención de enfermedades infecciosas. En un contexto de inmediatez de la información y falta de tiempo para valorar y poner en perspectiva las distintas informaciones sobre las vacunas, consideramos importante generar situaciones de aprendizaje como las de esta propuesta, que pretende la activación de ideas sobre la **inmunización** mediante la argumentación y modelización científica, así como el desempeño de pensamiento crítico.

¿Por qué es importante practicar la argumentación y modelización para entender el papel de las vacunas?

La argumentación es una práctica científica que implica el uso de pruebas en la evaluación o construcción de enunciados de conocimiento. Su desarrollo requiere de práctica por parte del alumnado, lo que esta propuesta posibilita en distintos contextos. El nuevo modelo de currículo de Secundaria incluye la argumentación sobre la **importancia de la vacunación** dentro de los aprendizajes esenciales relacionados con la inmunología en tercero de Educación Secundaria Obligatoria.

El pensamiento crítico se puede practicar en situaciones de aprendizaje que lo estimulen

Discernir de manera informada y crítica entre lo actualmente consensuado y lo que está en discusión, entre lo apoyado en pruebas y lo basado en creencias, resulta clave para lograr **un aprendizaje efectivo** (Couso y Puig, 2021). La argumentación permite practicar todas estas destrezas, relacionadas con el pensamiento crítico. El pensamiento crítico implica ser capaz de mirar e interpretar con “gafas críticas” la realidad sin ser manipulado por los valores e ideas dominantes (Puig, 2022), lo que las actividades de esta propuesta **pretenden fomentar** en contextos variados.

Desafíos y posibles dificultades que considerar en la enseñanza de las vacunas

La **principal dificultad** que se puede encontrar el profesorado a la hora de introducir el tema de las vacunas en el aula es que el alumnado identifique adecuadamente el papel de estas (“las vacunas sirven para curar enfermedades” en lugar de para “prevenirlas”), puesto que algunos las confunden con antibióticos (Puig y Ageitos, 2016).

Además, el auge del **movimiento antivacunas** plantea otros desafíos al profesorado. El alumnado podría simpatizar, por ejemplo, con creencias que abogan por la inmunización natural frente al uso de vacunas por sus efectos adversos. Introducir estos temas es importante para que el alumnado desarrolle pensamiento crítico. El movimiento antivacunas lo conforman personas que rechazan el uso de las vacunas por distintos motivos (razones de tipo filosófico, libertad de elección, la seguridad y eficacia de las vacunas, etc.). Hablar de dos extremos, los provacunas y antivacunas, es **simplificar el problema**, cuestión que las tareas de argumentación nos permiten visibilizar.

Competencias específicas, saberes básicos y criterios de evaluación

A continuación, en la FIGURA 1, se presentan y se relacionan las competencias específicas, los saberes básicos y los criterios de evaluación que se trabajan en esta propuesta didáctica tomando como referente las enseñanzas mínimas de la materia de Biología y Geología de la Educación Secundaria Obligatoria.

Competencias específicas	Saberes básicos	Criterios de evaluación
<p>CE 1. Interpretar y transmitir información y datos científicos y argumentar sobre ellos utilizando diferentes formatos para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.</p>	<p>Estrategias de utilización de herramientas digitales, [...] la comunicación de procesos, resultados o ideas en diferentes formatos (presentación, gráfica, vídeo, póster, informe, etc.).</p> <p>Modelado para la representación y comprensión de procesos o elementos de la naturaleza.</p> <p>Razonamiento acerca de las medidas de prevención y tratamientos de las enfermedades infecciosas en función de su agente causal.</p> <p>Análisis de los mecanismos de defensa del organismo frente a agentes patógenos (barreras externas y sistema inmunitario) y su papel en la prevención y superación de enfermedades infecciosas.</p> <p>Argumentación sobre la importancia de la vacunación en la prevención de enfermedades y en la mejora de la calidad de vida humana.</p>	<p>1.2. Facilitar la comprensión y análisis de información relacionada con los saberes de la materia de Biología y Geología transmitiéndola de forma clara utilizando la terminología y el formato adecuados (modelos, gráficos, tablas, vídeos, informes, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos, contenidos digitales).</p> <p>1.3. Analizar y explicar fenómenos biológicos y geológicos representándolos mediante modelos y diagramas y utilizando, cuando sea necesario, los pasos del diseño de ingeniería (identificación del problema, exploración, diseño, creación, evaluación y mejora).</p>
<p>CE 2. Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.</p>	<p>Reconocimiento y utilización de fuentes veraces de información científica.</p>	<p>2.2. Reconocer la información con base científica distinguiéndola de pseudociencias, bulos, teorías conspiratorias, creencias infundadas, etc., y manteniendo una actitud escéptica ante estos.</p>
<p>CE 5. Analizar los efectos de determinadas acciones sobre el medioambiente y la salud, basándose en los fundamentos de las ciencias biológicas y de la Tierra, para promover y adoptar hábitos que eviten o minimicen los impactos medioambientales negativos, sean compatibles con un desarrollo sostenible y permitan mantener y mejorar la salud individual y colectiva.</p>	<p>Razonamiento acerca de las medidas de prevención y tratamiento de las enfermedades infecciosas en función de su agente causal.</p>	<p>5.3. Proponer y adoptar hábitos saludables, analizando las acciones propias y ajenas [...] con actitud crítica.</p>

FIGURA 1. Relación entre competencias específicas, saberes básicos y criterios de evaluación

Actividades de la propuesta

La propuesta engloba **cinco actividades**, relacionadas entre sí, para ser desarrolladas en cuatro sesiones consecutivas.

Actividad primera: poniendo a prueba mis conocimientos y actitudes sobre las vacunas

Con el fin de estimular la participación y detectar las ideas previas del alumnado sobre las vacunas, así como sus conocimientos sobre las actitudes de la población española hacia las vacunas, se propone realizar **un juego de quince preguntas**. Se presentan tanto en formato escrito como en Quizizz, herramienta en línea de uso libre (www.e-sm.net/216425_138).

La tarea puede desarrollarse en el **aula ordinaria**, si se escoge la modalidad escrita; en caso de preferir la modalidad en línea, se pueden usar tabletas, móviles o bien optar por ir al **aula de informática**. En la opción: “A ritmo del instructor”, Quizizz permite que todo el alumnado conteste las preguntas al mismo tiempo y realizar una pausa después de cada pregunta para comentar los resultados y las dificultades encontradas. Se puede proceder de igual modo con la modalidad escrita, o bien comentar los resultados finales al terminar las quince preguntas. Es interesante que el alumnado pueda contrastar sus respuestas acerca de las actitudes de los españoles sobre las vacunas con los de la encuesta de *Percepción Social de Aspectos Científicos de la COVID-19*, resumidos en: www.e-sm.net/216425_139.

Actividad segunda: ¿para qué vacunarse si no evitamos el contagio?

La tarea empieza presentando un supuesto comentario difundido en las redes sociales (por ejemplo, FIGURA 2) que **cuestiona la utilidad** de la vacuna frente al COVID-19 debido a que esta no evita que uno se pueda contagiar y contraer la enfermedad.

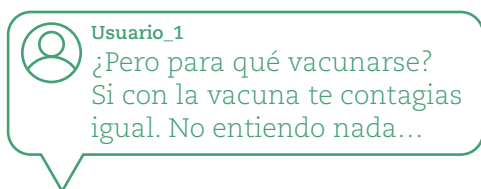


FIGURA 2. Comentario de las redes sociales (elaboración propia)

Proponemos que discutan en pequeño grupo este comentario y respondan las preguntas siguientes:

- **¿Qué opináis sobre este comentario** difundido en las redes? ¿Estáis de acuerdo? Argumenta tu postura.
- **¿Creéis que es una información fiable?** Justifica tu respuesta.

Tras el debate, se hace una puesta en común con el objetivo de contrastar las diferentes visiones y argumentos de cada grupo. Para guiar este debate, el/la docente puede escribir en el encerado los argumentos de los grupos y, a continuación, pedirles que los clasifiquen en: **más o menos convincentes** y **mejor y peor justificados**. La idea es introducirles en la evaluación de argumentos en base a criterios y entender cuándo un argumento es de mayor o peor calidad.

Actividad tercera: ¿qué diferencias hay entre los vacunados y no vacunados por la COVID-19?

En la segunda sesión, se proporciona a cada grupo **estas tres tablas** (FIGURA 3, 4, 5) con datos sobre los contagios, hospitalizaciones, ingresos en UCI y fallecidos por COVID-19, según edad y estado de vacunación. Tienen que representar los datos **en un gráfico** utilizando un programa de hoja de cálculo. Estos datos fueron recogidos en un momento de ascenso de casos durante la sexta ola. Se pueden utilizar así, contextualizando la situación, o bien recabando datos actuales, si se considera una mejor opción.

Contagios según edad y estado de vacunación (tasa media por cada 100 000 habitantes en la última semana, ocho de febrero de 2022)		
Tramos de edad	Vacunados	No vacunados
De 12 a 29 años	1590,21	2251,33
De 30 a 59 años	1488,04	2653,60
De 60 a 79 años	601,28	8499,02
De 80 años o más	801,85	6975,26

FIGURA 3. Contagios según edad y estado de vacunación

Hospitalizaciones según edad y estado de vacunación (tasa media por cada 100 000 habitantes en la última semana, ocho de febrero de 2022)		
Tramos de edad	Vacunados	No vacunados
De 12 a 29 años	3,46	10,46
De 30 a 59 años	6,31	25,66
De 60 a 79 años	15,44	336,62
De 80 años o más	47,11	437,04

FIGURA 4. Hospitalizaciones según edad y estado de vacunación

Hospitalizaciones en UCI según edad y estado de vacunación (tasa media por cada 100 000 habitantes en la última semana, ocho de febrero de 2022)		
Tramos de edad	Vacunados	No vacunados
De 12 a 29 años	0,09	0,55
De 30 a 59 años	0,41	3,15
De 60 a 79 años	1,50	63,94
De 80 años o más	0,71	7,96

FIGURA 5. Hospitalizaciones en UCI según edad y estado de vacunación

Para llevar a cabo esta tarea, necesitamos un ordenador con acceso a un programa **capaz de hacer gráficos** (hoja de cálculo tipo Calc), para lo que podemos utilizar el aula de informática. Cada grupo, después de elaborar su gráfica, debe responder a las preguntas:

- ¿Qué datos se representan en la gráfica?
- ¿Qué información podemos extraer de la gráfica?

Se hace una puesta en común en la que se muestran todas las gráficas elaboradas y se lleva a cabo el análisis.

- ¿Qué información podemos extraer al comparar las gráficas? ¿A qué conclusión llegáis?

Para finalizar, se realiza una puesta en común y comparamos la información obtenida de los gráficos. Además, introducimos la actividad siguiente, indicando que deberán traer el material necesario para realizarla.

Actividad cuarta: ¿cómo podemos explicar por qué una persona vacunada puede infectarse?

Esta tarea consiste en elaborar un modelo para explicar cómo actúa una vacuna. Partiendo de la misma pregunta de la actividad, solicitamos al alumnado **elaborar un modelo** para explicar **cómo funciona una va-**

cuna en el organismo humano. Para ello, deberán traer los materiales necesarios en la próxima sesión. Con el objetivo de guiar el proceso de modelización, proporcionamos estas palabras clave: vacuna, antígeno, anticuerpo, patógeno, virus, célula, linfocito B, enfermedad, infección. Los **modelos son abiertos**, es decir, el alumnado puede optar por cualquier forma de representación. La tarea se puede desarrollar en el aula ordinaria utilizando los materiales que cada grupo considere útiles (rotuladores, cartulinas, goma EVA, etc.) para la elaboración de sus modelos. Haremos una puesta en común de los modelos elaborados en la que mostramos la FIGURA 6 para explicar lo que sucede.

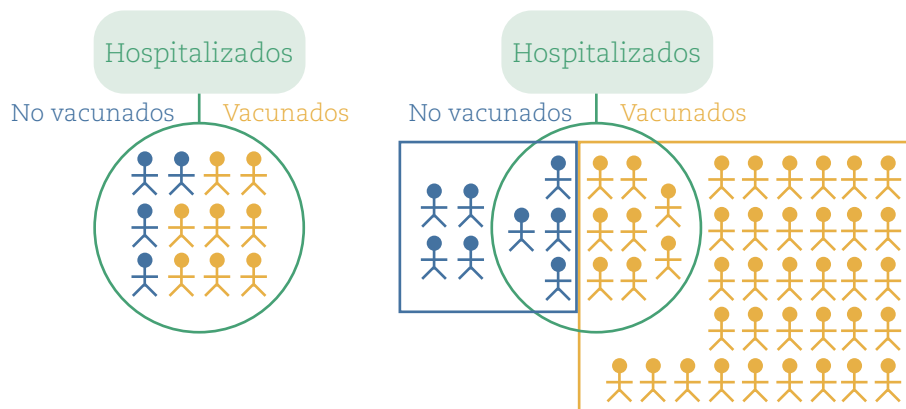


FIGURA 6. Hospitalizaciones por COVID-19 según el estado de vacunación (adaptada de Twitter: @MarcRummy)

Por último, visualizaremos **un vídeo de divulgación** en el que se explica por qué las personas vacunadas se contagian de la COVID-19 (www.e-sm.net/216425_140). También podemos proyectar un vídeo de TikTok a modo de resumen (www.e-sm.net/216425_141) o presentar información de la Organización Mundial de la Salud acerca de cómo actúan las vacunas (www.e-sm.net/216425_142) y sus beneficios.

Actividad quinta: campaña de inmunización frente a la COVID-19

Esta actividad, de carácter voluntario, ha de realizarse en pequeños grupos. Consiste en elaborar la propuesta de una **campaña de vacunación** acerca de la importancia de vacunarse, en la que el alumnado haga referencia tanto a los beneficios individuales como colectivos de la vacunación. Para presentar la actividad, podemos usar el vídeo de la Organización Mundial de la Salud (www.e-sm.net/216425_143) sobre la importancia

de la inmunidad de grupo. La campaña estaría dirigida **a la población general** y debe tratar la **importancia de vacunarse**, aunque nos podamos contagiar, y el papel de la ciencia en el control de la pandemia.

Objetivos competenciales, indicadores y escala de valoración

Mediante la participación del alumnado en esta situación de aprendizaje, se pretende contribuir al **logro de los objetivos competenciales** presentados en la FIGURA 7. Para cada uno de ellos, se proponen los correspondientes indicadores de logro teniendo en cuenta las características de las actividades y tareas de la situación de aprendizaje.

Asimismo, mediante la información obtenida a partir de estos indicadores de logro, se procede a valorar el **nivel de consecución de los objetivos competenciales** del alumnado en la situación de aprendizaje de acuerdo con la escala de valoración y la rúbrica que se muestra en la FIGURA 8.

Objetivos competenciales	Indicadores de logro
OC 1. Usar pruebas para contrastar diferentes opiniones, adoptar una postura y argumentar.	Pruebas aportadas para contrastar argumentos y justificar la postura adoptada sobre la eficacia de la vacuna frente a la COVID-19.
OC 2. Evaluar críticamente opiniones e informaciones utilizando los criterios adecuados.	Criterios utilizados para evaluar las informaciones recogidas sobre la eficacia de la vacuna frente a la COVID-19.
OC 3. Elaborar un gráfico a partir de un conjunto de datos utilizando la terminología y el formato adecuados.	Gráfico elaborado para representar el conjunto de datos disponibles sobre la eficacia de la vacuna frente a la COVID-19.
OC 4. Analizar correctamente un conjunto de datos representados gráficamente y extraer las conclusiones adecuadas.	Análisis del gráfico construido y conclusiones obtenidas sobre la eficacia de la vacuna frente a la COVID-19.
OC 5. Elaborar un modelo de un fenómeno o situación utilizando la forma de representación más adecuada para presentar sus elementos principales y las relaciones que mantienen entre sí.	Modelo elaborado para representar los elementos principales que intervienen en el funcionamiento del virus responsable de la COVID-19 y sus relaciones.
OC 6. Usar el modelo que se ha construido de un fenómeno o situación para explicar su funcionamiento y formular predicciones.	Explicación del proceso de contagio producido por el virus responsable de la COVID-19 a partir del modelo elaborado.

OC 7. Formular propuestas de actuación basadas en informaciones científicas para afrontar una situación o fenómeno personal y socialmente relevante.	Propuestas de actuación formuladas para apoyar una campaña informativa sobre la importancia de vacunarse para hacer frente a la pandemia de la COVID-19.
--	--

FIGURA 7. Relación entre objetivos competenciales e indicadores de logro

Objetivos competenciales	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
OC 1. Usar pruebas (CE 2; CrEv 2.2)	No responden.	Opinan sin usar pruebas.	Argumentan con datos no científicos.	Argumentan en base a pruebas científicas.
OC 2. Evaluar críticamente (CE 2; CrEv 2.2)	Reconocen la afirmación como fiable.	Reconocen la afirmación como no fiable, pero no lo justifican.	Evalúan la afirmación como no fiable y lo justifican usando criterios poco adecuados.	Evalúan críticamente la afirmación como no fiable y lo justifican usando criterios adecuados.
OC 3. Elaborar un gráfico (CE 1; CrEv 1.2)	No son capaces de elaborar un gráfico a partir de datos.	Elaboran un gráfico poco claro y sin terminología adecuada.	Elaboran un gráfico claro con terminología no adecuada.	Elaboran un gráfico claro con terminología y formato adecuados.
OC 4. Analizar datos (CE 1; CrEv 1.2)	No analizan correctamente los datos.	Identifican los datos usados, pero no los analizan.	Identifican los datos y los analizan inadecuadamente.	Identifican, analizan y extraen conclusiones adecuadas.
OC 5. Elaborar un modelo (CE 1; CrEv 1.3)	Representación inadecuada. Incluyen algunos términos proporcionados, pero no los relacionan.	Representación parcialmente adecuada. Incluyen algunos términos proporcionados y establecen algunas relaciones.	Representación adecuada pero incompleta. Incluyen los términos proporcionados y los relaciona.	Representación adecuada. Incluyen los términos proporcionados, incluyen otros nuevos y los relacionan.
OC 6. Usar un modelo (CE 1; CrEv 1.3)	No son capaces de explicar la función de la vacuna.	Explican la función de la vacuna de forma inadecuada.	Explican la función de la vacuna de forma parcialmente adecuada.	Explican la función de la vacuna adecuadamente.
OC 7. Proponer acciones (CE 5; CrEv 5.3)	Incluyen opiniones sin proponer acciones.	Incluyen opiniones y proponen acciones.	Incluyen informaciones científicas, pero no proponen acciones.	Incluyen informaciones científicas y proponen acciones.

FIGURA 8. Nivel de consecución de los objetivos competenciales

6. Recursos para el trabajo del currículo de Biología y Geología

Existe una gran **variedad de recursos de utilidad** para el trabajo del currículo de Biología y Geología: algunos derivados de proyectos europeos de educación científica; otros de organismos e instituciones de investigación y divulgación científica que ofrecen materiales para el aula; y otros elaborados por profesorado de ciencias de Secundaria y expertos en el área con interés por mejorar la enseñanza de esta materia en las aulas de Secundaria. A continuación, **se resumen** los principales recursos seleccionados. La elección de estos recursos responde a tres criterios:

- **La alineación** con el nuevo modelo de currículo de Biología y Geología.
- **La adecuación** de contenidos y su aplicabilidad al aula.
- **El enfoque metodológico**, que procura la participación activa y el desarrollo de prácticas científicas por el alumnado.

Se clasifican los recursos en: proyectos de innovación e investigación, webs y blogs educativos, y revistas de didáctica de ciencias. Se incluyen las coordenadas de acceso y una breve descripción de los contenidos que presentan. Todos **los recursos son de fácil acceso** e incluyen **actividades** en abierto descargables. Se incluyen también revistas, algunas en abierto, de innovación e investigación en la didáctica de ciencias, que ofrecen actividades y experiencias innovadoras para la enseñanza de Biología y Geología en Secundaria.

Proyectos de innovación e investigación

- **E-bug (www.e-sm.net/216425_144)**. Web del proyecto europeo E-bug con recursos educativos descargables para el aprendizaje de microorganismos y la prevención y tratamiento de infecciones.
- **Engage (www.e-sm.net/216425_145)**. Web del proyecto europeo Engage con materiales curriculares en abierto para promover el debate y el pensamiento crítico sobre cuestiones sociocientíficas entre el alumnado.

- **Inquire (www.e-sm.net/216425_146)**. Web del proyecto europeo Inquire de educación científica basada en la indagación. Incluye recursos descargables para el docente.
- **Fibonacci (www.e-sm.net/216425_147)**. Web del proyecto europeo Fibonacci sobre educación científica y matemática por indagación con actividades descargables.
- **Ocean connections (www.e-sm.net/216425_148)**. Proyecto sobre alfabetización oceánica con aprendizaje basado en problemas en el que se incluyen recursos para el docente.
- **Prarrise (www.e-sm.net/216425_149)**. Web del proyecto europeo Prarrise con ejemplos (en inglés) de situaciones aprendizaje por indagación a partir de controversias sociocientíficas. Libro de recursos de aprendizaje por indagación a partir de controversias sociocientíficas: conectando la educación científica formal e informal con la sociedad.
- **Primas (www.e-sm.net/216425_150)**. Web del proyecto europeo Primas para el aprendizaje basado en la indagación en matemáticas y ciencias con actividades en abierto.

Páginas web y blogs educativos

- **AmBientech (www.e-sm.net/216425_151)**. Recursos educativos para Educación Secundaria relacionados con la educación ambiental.
- **Apolo Polinización (www.e-sm.net/216425_152)**. Materiales didácticos para el estudio de la biodiversidad de insectos polinizadores, la polinización y el análisis de problemas derivados de su disminución. Se incluyen posters, trípticos y folletos informativos.
- **Biocuriosidades (www.e-sm.net/216425_153)**. Actividades de gamificación de temática variada.
- **BioESOsfera (www.e-sm.net/216425_154)**. Gamificación, aprendizaje basado en proyectos y mucho más.
- **Earth Learning Idea (www.e-sm.net/216425_155)**. Experiencias sobre geología, ciencias de la tierra y medioambiente.
- **La Rubisco es lo más (www.e-sm.net/216425_156)**. Blog con actividades divertidas para todos los niveles de Educación Secundaria.
- **Leer (www.e-sm.net/216425_157)**. Portal educativo para trabajar la comprensión lectora que incluye vídeos sobre la temática “leer para aprender ciencias”.
- **NASA (www.e-sm.net/216425_158)**. Actividades (en inglés) de la NASA sobre cambio climático y subida del nivel del mar. Incluye vídeos y experimentos a realizar.

- **Simbiosis** (www.e-sm.net/216425_159). Proyecto colaborativo entre profesorado de Biología y Geología con recursos de todo tipo elaborados por docentes.
- **Recursos de la Generalitat Valenciana** (www.e-sm.net/216425_160). Diversos recursos relacionados con la crisis climática para diferentes niveles.
- **RODA** (www.e-sm.net/216425_161). Recursos docentes para el aprendizaje de ciencias mediante prácticas científicas de argumentación e indagación elaborados por el Grupo de Investigación RODA.
- **Web de Ana Molina** (www.e-sm.net/216425_162). Recursos para Bachillerato de Biología y Geología.

Revistas de innovación e investigación en didáctica de ciencias

- **Alambique** (www.e-sm.net/216425_163). Revista de didáctica de las ciencias experimentales que incluye actividades de innovación de Biología y Geología.
- **Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra** (www.e-sm.net/216425_164). Revista con recursos de geología y ciencias de la tierra.
- **Enseñanzas de las ciencias** (www.e-sm.net/216425_165). Revista de investigación y experiencias didácticas sobre ciencias de todos los niveles educativos.
- **Eureka** (www.e-sm.net/216425_166). Revista sobre enseñanza y divulgación de las ciencias para todos los niveles educativos. Incluye experiencias y recursos de innovación basados en investigaciones en didáctica de las ciencias.

7. Retos en la implementación del currículo de Biología y Geología

La implementación del nuevo currículo de Biología y Geología implica orientar la enseñanza de ciencias hacia **una práctica más científica** en la que se aborden problemáticas sociocientíficas vinculadas con los objetivos de desarrollo sostenible. Siendo la educación un fenómeno altamente cultural y contextual (Jiménez Liso y Couso, 2020), el/la docente ha de adaptar su docencia a las **necesidades del alumnado y entorno** en el que trabaja, seleccionando, por ejemplo, aquellos problemas o situaciones de aprendizaje que resulten más relevantes por su cercanía con el alumnado y que estimulan en mayor medida el aprendizaje.

De acuerdo con Jiménez Liso y Couso (2020), la mejor forma de **aprender ciencias** es practicando sus formas de hacer, hablar y pensar en el aula. El contexto en el que vivimos, de auge de las noticias falsas y movimientos anticiencia convierten todo lo anterior, plasmado en el nuevo modelo de currículo, en un **reto para el profesorado**, y al pensamiento crítico en un elemento imprescindible.

Entendemos que el pensamiento crítico en el aula de ciencias conlleva no solo **pensar** de forma razonable e “independiente”, sino también **hablar** y **hacer** ciencias de este modo. Desarrollar estas destrezas resulta complejo bajo un currículo de ciencias continuista en cuanto a la carga de contenidos, que deja escaso margen al desarrollo de progresiones de aprendizaje. Esto, junto a la inmediatez de información a la que estamos expuestos hoy día, desafían la capacidad de **pensar, hablar y hacer** ciencia en el aula. En concreto, dificultan el poder atender a las distintas perspectivas y reacciones emocionales que se dan en los procesos de construcción, comunicación y evaluación de conocimiento científico en el aula.

Uno de los problemas que el profesorado puede encontrar en la enseñanza de cuestiones sociocientíficas relacionadas con la Biología y Geología es la gestión de **conflictos de valores y emociones** que suelen emerger en el debate (Osborne, Simon, Christodoulou, Howell, Richardson y Richardson, 2013). Además, abordar las incertezas que caracterizan a estos problemas (Kampourakis, 2008) es todo un desafío para el profesorado. Sin embargo, estas dificultades son abordables **generando un ambiente de aprendizaje** en el que se fomenten emociones que estimulen el aprendizaje, así como la identificación de estas. Poner también de manifiesto que la ciencia, como actividad humana que es, no ofrece siempre respuestas claras a los problemas que nos afectan, existiendo distintas alternativas. Ello permite fomentar el aprendizaje “de” ciencias y “sobre” ciencias, clave en la alfabetización científica, como comentamos en el primer apartado de este capítulo.

Otro de los aspectos a destacar del nuevo modelo curricular es la consideración de algunos aspectos señalados por la investigación en **didáctica de ciencias**, como la incorporación de un **enfoque competencial** ligado a situaciones de aprendizaje relacionadas con los desafíos ambientales y sociales del presente y del futuro. Desde la didáctica de ciencias, sabemos que existen modelos de enseñanza que resultan más efectivos que otros. Por ejemplo, el aprendizaje de ciencias mediante prácticas científicas en contextos controvertidos resulta eficaz para entender la naturaleza de la ciencia (Crujeiras y Jiménez Aleixandre, 2012) y desarrollar pensamiento crítico.

Sin embargo, elegir qué situaciones son las que estimulan en mayor medida un aprendizaje integrado y una visión sistémica, que conecte, por

ejemplo, la salud humana y la salud ambiental, **no es una tarea fácil**. El nuevo modelo de currículo de Biología y Geología trae como novedad la noción de “*one health*”, pero su implementación requiere invertir esfuerzos en formar al profesorado en este sentido. Una forma de introducir este enfoque es mediante **tareas abiertas** que inviten a argumentar e involucrarse en acciones orientadas a la resolución de problemas como el cambio climático.

Según Hodson (2003), la educación científica debe incluir, entre otros aspectos, el **desarrollo de la capacidad de compromiso** por parte del alumnado para tomar medidas apropiadas, responsables y efectivas en relación con cuestiones sociocientíficas, lo que se fomenta mediante este tipo de tareas. En este capítulo, hemos tratado de ejemplificar este enfoque mediante una propuesta didáctica sobre la vacunación.

En conclusión, la implementación del currículo de Biología y Geología **es ambiciosa** por su alta carga de contenidos. Sin embargo, el enfoque que propone facilita la realización de tareas orientadas a **pensar, hablar y hacer** ciencias en el aula. Las competencias específicas ayudan a valorar la utilidad de las ciencias y a vincular saberes básicos con contextos de la vida cotidiana, lo que es deseable para mejorar la formación científica del alumnado y aumentar las vocaciones científicas, objetivos a perseguir.

8. Referencias bibliográficas

- Ageitos, N.; Puig, B.; y Calvo-Peña, X. (2017). “Trabajar genética y enfermedades en Secundaria integrando la modelización y argumentación científica”. En *Eureka* 14 (1), 86-97.
- Ageitos Prego, N. y Puig, B. (2016). “¿Debería ser obligatoria la vacunación?”. En *Alambique* 83, 78-79.
- Couso, D. (2020). “Aprender ciencia escolar implica construir modelos cada vez más sofisticados de los fenómenos del mundo”. En Couso, D.; Jimenez-Liso, M. R.; Refojo, C.; y Sacristán, J. A. (coordinación). *Enseñando ciencia con ciencia*. Penguin Random House, Madrid, 63-74.
- Couso, D. y Puig, B. (2021). “Educación científica en tiempos de pandemia”. En *Alambique* 104, 49-56.
- Crujeiras, B. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2012). “Participar en las prácticas científicas: aprender sobre la ciencia diseñando un experimento sobre pasta de dientes”. En *Alambique* 72, 12-19.
- Diario Oficial de la Unión Europea (2018). Recomendación del Consejo, de veintidós de mayo de 2018, relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente.

- Hodson, D. (2003). "Time for action. Science education for an alternative future". En *Int. J. Sci. Educ.* 25, 645-670.
- Jiménez Liso, R. (2020). "Aprender ciencia escolar implica aprender a buscar pruebas para construir conocimiento". En Couso, D.; Jimenez-Liso, M. R.; Refojo, C.; y Sacristán, J. A. (coordinación). *Enseñando ciencia con ciencia*. Penguin Random House, Madrid, 53-62.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2022). "Educating critical citizens to face post truth: the time is now". En B. Puig y Jiménez-Aleixandre, M. P. (edición). *Critical thinking in Biology and Environmental Education. Facing challenges in a post-truth world*. Springer.
- Justi, R. (2006). "La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos". En *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* 24 (2), 173-184.
- Kampourakis, K. y McCain. K. (2008). *Uncertainty. How it makes science advance*. Oxford University Press.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (2018). *The Future of Education and Skills. Education 2030*.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (2020). *PISA 2024 Strategic Vision and Direction for Science*.
- Osborne, J.; Simon, S.; Christodoulou, A.; Howell-Richardson, C.; y Richardson, K. (2013). "Learning to argue: a study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students". En *Journal of Research in Science Teaching* 50 (3), 315-347.
- Pedrinaci, E.; Caamaño, A.; Cañal, P.; y Del Pro (coordinación) (2012). *El desarrollo de la competencia científica: 11 ideas clave*. Barcelona: Graó.
- Piaget, J. (1974). *Recherches sur la contradiction 2. Les relations entre affirmations and négations*. Presses Universitaires of France, París.
- Puig, B. y Uskola, A. (2021). "Understanding Pandemics Such as COVID-19 through the lenses of the "One health" Approach". En *Sustainability* 13 (recuperado de: www.e-sm.net/216425_264).
- Puig, B. (2021). *El pensamiento crítico como herramienta para enfrentarnos a problemáticas sociocientíficas. Un reto en la educación científica*. En: www.e-sm.net/216425_167.
- Sacristán, J. A. (2020). "Prólogo". En Couso, D.; Jimenez-Liso, M. R.; Refojo, C.; y Sacristán, J. A. (coordinación). *Enseñando ciencia con ciencia*. Penguin Random House, Madrid.
- UN (United Nations) (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*.

