

## CULTURA CIENTÍFICA

En 1985, el informe de la Royal Society titulado “The Public Understanding of Science” (Bodmer & Otros, 1985) señalaba que “todo el mundo necesita alguna comprensión de la ciencia, sus logros y sus limitaciones”, y que los actores sociales implicados deben involucrarse activamente en dicho cometido. Desde entonces, la idea de la necesidad de una “Cultura Científica” ha tomado carta de naturaleza dentro de los sistemas educativos como un elemento fundamental para alcanzar esa comprensión. Las posibilidades de conseguir un mundo más justo y más respetuoso con nuestro planeta Tierra dependen no solo de la ciencia que consigamos crear, sino también de cómo logremos integrarla en el resto de nuestra cultura. Así que no solo debemos actuar para mejorar nuestra capacidad científica, sino también nuestra Cultura Científica. (Quintanilla, 2010)

Paralelamente a esta importancia creciente, el concepto “Cultura Científica” ha ido modificándose, y enriqueciéndose en matices. En la actualidad no se puede considerar que se limite a poseer y transmitir información sobre la “ciencia de manual”, sino que pretende proporcionar una comprensión contextual de la ciencia y la tecnología que ofrezca a los estudiantes las bases intelectuales para una ciudadanía responsable (Sanz Merino & López Cerezo, 2012). Este debe ser, por tanto, el objetivo de la materia “Cultura Científica” dentro del currículo de Educación Secundaria. En este sentido los mismos autores consideran que la Cultura Científica “se ha de entender, además, fundamentalmente y de un modo general, como una variedad de la educación en valores y como una preparación para la participación cívica”, y proponen que debe incluir conceptos científicos y habilidades procedimentales que sean útiles en las vidas cotidianas de los alumnos y de las alumnas, y también en tanto que les permitan tomar decisiones como ciudadanos, aspectos societarios locales: en cuestiones y problemáticas que emergen en sus entornos más próximos (familiares, escolares, comunitarios, etc.), atender a problemas globales, a los asuntos que conciernen a todo el planeta, como son los medioambientales o los relacionados con los límites del crecimiento industrial, en general y dar a conocer la naturaleza y el alcance de una amplia variedad de ciencias e ingenierías, en tanto que ello despierte las aptitudes de los estudiantes o llame su interés hacia distintas carreras científico-tecnológicas actuales (Sanz Merino & López Cerezo, 2012). La materia, por tanto, no va dirigida específicamente al alumnado que ya tiene una clara vocación científica, sino a todo el alumnado, en tanto que futuros ciudadanos responsables.

Entre otras aportaciones, la materia de Cultura Científica de la ESO transmite la importancia de entender la ciencia como una herramienta fundamental para el funcionamiento de la sociedad y para el desarrollo futuro de la humanidad.

La enseñanza-aprendizaje de esta materia también permite consolidar los hábitos de estudio, fomentar la tolerancia, solidaridad y cooperación y promover el perfeccionamiento lingüístico, al ser la colaboración y comunicación parte esencial de las metodologías de trabajo científico. Desde esta materia se promoverá que dicha comunicación y colaboración se realice utilizando diferentes formatos y vías, destacando entre estos los espacios virtuales de trabajo remoto. Asimismo, el estudio y análisis del trabajo de los y las científicas a lo largo de la historia permite fomentar el trato igualitario y el rechazo hacia actitudes de discriminación basadas en el género.

Del mismo modo, la naturaleza científica de esta materia contribuye a despertar en el alumnado el espíritu creativo y emprendedor que es la esencia misma de todas las ciencias. Promoverá, por tanto, la investigación mediante la observación de campo, la experimentación y la búsqueda en diferentes fuentes para resolver cuestiones o contrastar hipótesis de forma tanto individual como colaborativa. Las principales fuentes fiables de información son accesibles a través de Internet donde conviven con informaciones sesgadas, incompletas o falsas, fomentándose también desde estas materias el uso responsable y crítico de las tecnologías de la información y la comunicación.

### I. Competencias específicas

#### Competencia específica de la materia Cultura Científica 1:

**CE.CC.1.** Reconocer los motivos por los que ocurren los principales fenómenos naturales, a partir de situaciones cotidianas, y explicarlos en términos de las leyes y teorías científicas adecuadas.

### Descripción

La esencia del pensamiento científico es comprender cuáles son las causas de los fenómenos que ocurren en el medio natural para tratar de explicarlos a través de las leyes y teorías científicas adecuadas. Comprenderlos implica entender las causas que los originan y su naturaleza, y otorga al alumnado la capacidad de actuar con sentido crítico para mejorar, en la medida de lo posible, la realidad cercana a través de la ciencia.

El desarrollo de esta competencia específica conlleva hacerse preguntas para comprender cómo es la naturaleza del entorno, cuáles son las interacciones que se producen entre los distintos sistemas materiales y cuáles son las causas y las consecuencias de las mismas. Esta comprensión dota al alumnado de fundamentos críticos para la toma de decisiones, activa los procesos de resolución de problemas y, a su vez, posibilita la creación de nuevo conocimiento científico a través de la interpretación de fenómenos, el uso de herramientas científicas y el análisis de los resultados que se obtienen. Todos estos procesos están relacionados con el resto de competencias específicas y se engloban en el desarrollo del pensamiento científico, cuestión especialmente importante en la formación integral de alumnos y de alumnas competentes. Por tanto, para el desarrollo de esta competencia, el individuo requiere un conocimiento de las formas y procedimientos estándar que se utilizan en la investigación científica y su relación con el mundo natural.

### Vinculación con otras competencias

Esta competencia, está especialmente vinculada a la CE.FQ.1. y se enmarca en la puesta en valor de los métodos de la ciencia como la mejor forma conocida de avanzar en el conocimiento del mundo que nos rodea. Se vincula también con la CE.FQ.2.: Si en esta se pone el énfasis en plantearse preguntas que conduzcan al estudiante a comprender mejor cómo es su entorno, en la CE.FQ.2 se relacionan las destrezas propias de la metodología científica. Esta competencia no se puede desarrollar en toda su amplitud sin tener en cuenta la CE.CC.8. que sitúa al trabajo colaborativo en un lugar destacado para la mejora de la sociedad, las aplicaciones y repercusiones de los avances científicos, la preservación de la salud y la conservación sostenible del medio ambiente, por ende, la realidad cercana y la calidad de vida humana.

La materia de Cultura Científica colabora con el resto de materias al conocimiento del entorno y en este sentido, esta competencia se relaciona con muchas otras competencias específicas de otras materias. Su vinculación es más estrecha con competencias específicas de la materia de Biología y Geología, como la CE.BG.2. que también requiere el tratamiento correcto de la información para responder preguntas. También se relaciona con la competencia CE.GH.3, ya que son interdependientes, siendo necesario conocer los principales desafíos a los que se han enfrentado distintas sociedades a lo largo del tiempo, identificando las causas y consecuencia de los cambios producidos y los problemas a los que se enfrentan en la actualidad, para abordar los fenómenos fisicoquímicos relacionados con ellos, así como contar con las leyes y teorías científicas para comprenderlos y encontrar soluciones.

### Vinculación con el Perfil de salida

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL1, STEM2, STEM4, CD1, CPSAA4, CC3 y CCCEC1.

### Competencia específica de la materia Cultura Científica 2:

**CE.CC.2.** Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente para resolver preguntas relacionadas con las ciencias y con su impacto en la vida cotidiana y en el desarrollo de la sociedad

### Descripción

La participación activa en la sociedad y el desarrollo profesional y personal de un individuo con frecuencia conllevan la adquisición de nuevos saberes y competencias que suelen comenzar con la búsqueda, selección y recopilación de información relevante de diferentes fuentes para establecer las bases cognitivas de dicho aprendizaje.

Además, en la sociedad actual existe un continuo bombardeo de información que no siempre refleja la realidad. Los datos con base científica se encuentran en ocasiones entremezclados con bulos, hechos infundados y creencias pseudocientíficas. Es, por tanto, imprescindible desarrollar el sentido crítico y las destrezas necesarias para evaluar y clasificar la información y conocer y distinguir las fuentes fidedignas de aquellas de dudosa fiabilidad.

Por ello, esta competencia específica prepara al alumnado para su autonomía profesional y personal futuras y para que contribuya positivamente en una sociedad democrática.

### Vinculación con otras competencias

Identificar, localizar y seleccionar información exige comprender e interpretar textos orales o escritos multimodales reconociendo el sentido global, las ideas principales y las secundarias, identificando la intención y el punto de vista del emisor y contrastando las fuentes de información evaluando fiabilidad, pertinencia y evitando la manipulación y la desinformación, lo que enlaza directamente con las competencias específicas CE.LCTL.2, CE.LCTL.4 y CE.LCTL.6 de Lengua Castellana y Literatura.

Por supuesto, esta competencia se relaciona estrechamente con la CE.BG.2, que no es sino su concreción en el ámbito de la Biología y la Geología.

Para una gestión adecuada de la información es necesario un uso óptimo y responsable de los recursos digitales y por ello se relaciona con competencias específicas de Economía y Emprendimiento y Digitalización. Incentivar una actitud crítica frente a la desinformación fomenta el espíritu de iniciativa y desarrolla las destrezas necesarias para la toma responsable de decisiones, que liga esta competencia con la materia de Formación y Orientación Personal y Profesional. Por otro lado, los procesos de ciencias biológicas y geológicas requieren a menudo de la recopilación de hechos históricos, lo que relaciona esta competencia específica con las CE.GH.1, CE.GH.2, CE.GH.3 y CE.GH.5 de Geografía e Historia.

### Vinculación con el Perfil de salida

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida CCL2, CCL3, CP1, STEM4, CD1, CPSAA4.

### Competencia específica de la materia Cultura Científica 3:

**CE.CC.3** Interpretar y transmitir información y datos científicos, y argumentar sobre ellos utilizando diferentes formatos y utilizando lenguaje verbal o gráfico apropiado, para adquirir y afianzar conocimientos y analizar conceptos y procesos del entorno social y cultural.

### Descripción

El desarrollo científico es un proceso que rara vez es fruto del trabajo de sujetos aislados y que requiere, por tanto, del intercambio de información y de la cooperación entre individuos, organizaciones e incluso países. Compartir información es una forma de acelerar el progreso humano al extender y diversificar los pilares sobre los que se sustenta.

Además, todo proceso de investigación científica debe comenzar con la recopilación y análisis crítico de las publicaciones en el área de estudio construyéndose los nuevos conocimientos sobre los cimientos de los ya existentes.

Asimismo, el avance vertiginoso de la ciencia y la tecnología es el motor de importantes cambios sociales que se dan cada vez con más frecuencia y con impactos más palpables. Por ello, la participación activa del alumnado en la sociedad exige cada vez más la comprensión de los últimos descubrimientos y avances científicos y tecnológicos para interpretar y evaluar críticamente, a la luz de estos, la información que inunda los medios de comunicación con el fin de extraer conclusiones propias, tomar decisiones coherentes y establecer interacciones comunicativas constructivas, utilizando la argumentación fundamentada y respetuosa con flexibilidad para cambiar las propias concepciones a la vista de los datos y posturas aportados por otras personas.

Finalmente, la comprensión de los fenómenos científicos se refleja, también, en la capacidad para transmitirlos a los demás. Argumentar sobre cuestiones científicas, participar en debates o en toma de decisiones relacionadas con cuestiones que tengan relación con la ciencia, exige que la ciudadanía sea capaz de expresar, de una forma apropiada, sus ideas y los conocimientos en los que estas se basan.

### Vinculación con otras competencias

Esta competencia se encuentra estrechamente relacionada con otras similares del área de Biología y Geología, como la CE.BG.1, que supone su aplicación a este ámbito temático. Se relaciona, en general, con la planificación y desarrollo de proyectos de investigación, que constituye la competencia específica CE.BG3, y necesita de la capacidad de

identificar, localizar y seleccionar información contrastada, organizándola y evaluándola críticamente, lo que constituye la CE.BG.2.

Además, se establecen vínculos con otras materias como Matemáticas y Tecnología y Digitalización, en el tratamiento y procesamiento de datos experimentales y su posterior análisis mediante el uso de las herramientas digitales en la comunicación y difusión de conclusiones, donde también será decisiva la aportación de la Lengua Castellana, en la producción de textos orales y escritos coherentes, cohesionados y con el registro adecuado.

#### **Vinculación con el Perfil de salida**

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL1, CCL2, CCL5, CP1, STEM4, CD1, CPSAA4, CC4, CCEC3.

#### **Competencia específica de la materia Cultura Científica 4:**

**CE.CC.4.** Utilizar el razonamiento, el pensamiento y las prácticas científicas, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la ciencia, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario.

#### **Descripción**

Las ciencias experimentales son disciplinas empíricas, pero con frecuencia recurren al razonamiento lógico y la metodología matemática para crear modelos, resolver cuestiones y problemas y validar los resultados o soluciones obtenidas. Tanto el planteamiento de hipótesis, como la interpretación de datos y resultados, o el diseño experimental requieren aplicar el pensamiento lógico-formal.

Asimismo, es frecuente que en determinadas ciencias empíricas se obtengan evidencias indirectas de la realidad, que deben interpretarse según la lógica para establecer modelos de un proceso biológico o geológico. Además, determinados saberes básicos del ámbito científico, deben trabajarse utilizando la resolución de problemas como método didáctico de preferencia. En el mismo sentido, la aplicación de los principios científicos a la vida cotidiana supone, en muchas ocasiones, utilizarlos para resolver problemas prácticos.

Cabe destacar que potenciar esta competencia específica supone desarrollar en el alumnado destrezas aplicables a diferentes situaciones de la vida. Por ejemplo, la actitud crítica se basa en gran parte en la capacidad de razonar utilizando datos o información conocidos. Esta, a su vez, constituye un mecanismo de protección contra las pseudociencias, o los saberes populares infundados.

#### **Vinculación con otras competencias**

Esta competencia específica se relaciona con las otras competencias específicas CE.BG.4, CE.BG.5 y CE.BG.6 de esta materia, pues para analizar el riesgo geológico o los efectos de las acciones humanas sobre el cambio climático o sobre la salud es necesario un pensamiento computacional que permita la resolución de problemas.

En cuanto a la relación con otras materias, existe una clara conexión con las Matemáticas que proporcionan herramientas de análisis y pensamiento computacional especialmente con LA CE.M.5. Y conecta con la Tecnología y Digitalización en el uso de dispositivos y herramientas digitales que ayuden al uso del razonamiento para la resolución de problemas.

#### **Vinculación con el Perfil de salida**

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: STEM1, STEM2, CPSAA5 y CE1.

#### **Competencia específica de la materia Cultura Científica 5:**

**CE.CC.5.** Utilizar de forma crítica, eficiente y segura plataformas digitales y recursos variados, tanto para el trabajo individual como en equipo, para fomentar la creatividad, el desarrollo personal y el aprendizaje individual y social, mediante la consulta de información, la creación de materiales y la comunicación efectiva en los diferentes entornos de aprendizaje.

**Descripción**

Los recursos, tanto tradicionales como digitales, adquieren un papel crucial en el proceso de enseñanza y aprendizaje en general, y en la adquisición de competencias en particular, pues un recurso bien seleccionado facilita el desarrollo de procesos cognitivos de nivel superior y propicia la comprensión, la creatividad y el desarrollo personal y grupal social del alumnado. La importancia de los recursos, no solo utilizados para la consulta de información, sino también para otros fines como la creación de materiales didácticos o la comunicación efectiva con otros miembros de su entorno de aprendizaje, dota al alumnado de herramientas para adaptarse a una sociedad que actualmente demanda personas integradas y comprometidas con su entorno.

Es por este motivo por lo que esta competencia específica también pretende que el alumno o la alumna manejen con soltura recursos y técnicas variadas de colaboración y cooperación, que analice su entorno y localice en él ciertas necesidades que le permitan idear, diseñar y fabricar productos que ofrezcan un valor para uno mismo y para los demás.

**Vinculación con otras competencias**

Esta competencia se relaciona de forma directa con la competencia CE.FQ.4. Asimismo, se relaciona de forma transversal con casi todas las demás competencias específicas pertenecientes a ésta y a otras materias. Un ejemplo es su relación con las competencias CE.CC.6 y CE.FQ.5, cuya estrategia principal es el trabajo colaborativo, el cual se facilita enormemente con el dominio de los recursos y plataformas digitales. Otro ejemplo es su estrecha vinculación con la competencia específica CE.FQ.3 ya que es imprescindible hacer un uso sostenible, crítico y responsable de las tecnologías digitales para procesar y crear correctamente la información científica en diferentes formatos.

En cuanto a las competencias específicas relacionadas con otras materias, queda patente el vínculo con la CE.LC.2 de la materia Lengua Castellana en la que se valora la necesidad de comprender e interpretar con actitud crítica diferentes tipos de información para participar en diferentes contextos de manera activa e informada y poder construir conocimiento. Además, también es importante señalar la relación con la CE.EE.6 de la materia Economía, emprendimiento, que aborda el proceso de creación de ideas y soluciones valiosas y toma decisiones, de manera razonada, para la creación de prototipos innovadores.

**Vinculación con el Perfil de salida**

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL2, CCL3, STEM4, CD1, CD2, CPSAA3, CE3.

**Competencia específica de la materia Cultura Científica 6:**

**CE.CC.6.** Utilizar las estrategias propias del trabajo colaborativo que permitan potenciar el crecimiento entre iguales como base emprendedora de una comunidad científica crítica, ética y eficiente, para comprender la importancia de la ciencia en la mejora de la sociedad, las aplicaciones y repercusiones de los avances científicos, la preservación de la salud y la conservación sostenible del medio ambiente.

**Descripción**

Las disciplinas científicas se caracterizan por conformar un todo de saberes integrados e interrelacionados entre sí. Del mismo modo, las personas dedicadas a la ciencia desarrollan capacidades destrezas de trabajo en equipo, pues la colaboración, la empatía, la asertividad, la garantía de la equidad entre mujeres y hombres y la cooperación son la base de la construcción del conocimiento científico en toda sociedad. El alumnado competente estará habituado a las formas de trabajo y a las técnicas más habituales del conjunto de las disciplinas científicas, pues esa es la forma de conseguir, a través del emprendimiento, integrarse en una sociedad que evoluciona. El trabajo en equipo sirve para unir puntos de vista diferentes y crear modelos de investigación unificados que forman parte del progreso de la ciencia.

El desarrollo de esta competencia específica crea un vínculo de compromiso entre el alumnado o alumna y su equipo, así como con el entorno que le rodea, lo que le habilita para entender cuáles son las situaciones y los problemas más importantes de la sociedad actual y cómo mejorarla, cómo actuar para la mejora de la salud propia y comunitaria y cuáles son los hábitos estilos de vida que le permitan permiten actuar de forma sostenible para la conservación del medio ambiente desde un punto de vista científico y tecnológico.

### Vinculación con otras competencias

Los métodos de trabajo de la ciencia son, en el fondo, comunes a las diferentes disciplinas que incluyen. Por ello no es de extrañar que esta competencia se vincule, específicamente, a otras de materias de esta área de conocimiento, como la CE.FQ.5.

El trabajo colaborativo permite incorporar al propio aprendizaje las perspectivas y las experiencias de los demás para poder participar activamente en el trabajo en grupo empleando estrategias cooperativas, aspecto que comparte con competencias específicas de esta materia y de otras del ámbito científico como la CE.CC.4. Por otra parte, el vínculo que se crea entre el alumnado con el entorno que le rodea, le permite emprender acciones fundamentadas científicamente para mejorar ese entorno de forma sostenible aplicando principios de ética y seguridad de la misma forma que se aplica mediante la CE.FQ.3

En relación a otras materias, esta competencia se vincula con la CE.BG.5 de Biología y Geología, que analiza los efectos de las acciones del ser humano sobre el medio ambiente y la salud y promueve hábitos compatibles con un desarrollo sostenible. Otro aspecto de esta competencia, como es la promoción del crecimiento entre iguales, tiene relación con cualquier materia. De hecho, en la competencia específica CE.M.11 de Matemáticas, se valora la colaboración activa y la construcción de relaciones mediante equipos heterogéneos, en los que se respeten las diferentes opiniones y se produzca una comunicación efectiva, crítica y creativa. Asimismo, la puesta en práctica del trabajo en equipo hace imprescindible el uso ético de la comunicación como herramienta al servicio de la convivencia democrática y de la resolución de conflictos utilizando la argumentación fundamentada y respetuosa con flexibilidad para cambiar las propias concepciones a la vista de los datos aportados por otras personas, competencia que se relaciona con la CE.BG.1 de Biología y Geología.

### Vinculación con el Perfil de salida

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL5, STEM3, STEM5, CD3, CPSAA3, CC3.

### Competencia específica de la materia Cultura Científica 7:

**CE.CC.7** Analizar los efectos de determinadas acciones sobre la salud, el medio ambiente natural y social y el patrimonio cultural, basándose en los fundamentos científicos, para promover, adoptar y valorar hábitos que mejoren la salud individual y colectiva, eviten o minimicen los impactos medioambientales negativos, sean compatibles con un desarrollo sostenible y permitan mantener y mejorar el patrimonio cultural.

### Descripción

Con demasiada frecuencia, las acciones del ser humano provocan daños sobre nuestro entorno que están provocando la pérdida irreversible de recursos naturales o impactos de consecuencias difíciles de evitar sobre nuestro entorno. Por desgracia, en muchas ocasiones estos efectos son la consecuencia de un uso inadecuado de los conocimientos científicos y tecnológicos. Conocer la ciencia supone también valorar críticamente los efectos negativos de una aplicación inadecuada de la misma, así como de sus limitaciones. Afortunadamente, determinadas acciones pueden contribuir a mejorar el estado del medio ambiente y también de nuestra salud a corto y largo plazo.

### Vinculación con otras competencias

Para promover hábitos hacia un desarrollo sostenible y la mejora de la salud en la sociedad, es necesario luchar contra la desinformación contrastando la veracidad de la información, lo que conecta directamente con las competencias específicas CE.BG.2 y CE.BG.3, pues el desarrollo de proyectos de investigación servirá para un aprendizaje más significativo. Enlazando, a su vez, con el análisis sistémico del paisaje desde una perspectiva geológica y biológica, o sea, con la CE.BG.6 de esta materia.

Los saberes básicos del cuerpo humano y la salud conectan con la CE.D.2 de Digitalización al ayudar al análisis de hábitos que fomenten el bienestar digital como una correcta postura de trabajo y una iluminación adecuada, y con las CE.EF.1, CE.EF.4 y CE.EF.5 de Educación Física, pues analizar los efectos de determinadas acciones sobre el medio ambiente y la salud fomenta un estilo de vida activo, saludable, sostenible y ecosocialmente responsable.

Se encuentra ligada estrechamente con la materia de Educación en Valores Cívicos y Éticos por la necesidad de actuar e interactuar de acuerdo con normas y valores que regulen la vida comunitaria para una convivencia comprometida con el bien común, entendiendo a la naturaleza como un sistema ecodependiente de las actividades humanas y fomentando una adecuada estima y empatía por uno mismo y con el entorno. Por otro lado, el análisis de los efectos

de determinadas acciones sobre la salud y el medio ambiente va íntimamente ligado a la aplicación de determinadas reacciones y fenómenos fisicoquímicos, por lo que también conecta con las CE.FQ.2 y CE.FQ.3 de Física y Química y al uso de herramientas matemáticas, que conectan con la CE.M.7 de Matemáticas. Al tiempo que exige tratar con datos históricos para establecer relaciones intergeneracionales en una sociedad global y sostenible, por lo que esta competencia específica está asociada a la materia de Geografía e Historia con sus CE.GH.1, CE.GH.3, CE.GH.8 y CE.GH.9 y de igual modo con la CE.L.5 de la materia de Latín, pues la cultura romana es testimonio de estilos de construcción y conservación.

Por último, Tecnología y Digitalización ofrecen la posibilidad de un análisis colaborativo que necesita del uso de herramientas digitales de comunicación y análisis.

#### **Vinculación con el Perfil de salida**

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL3, STEM5, CPSAA2, CC4, CE1.

#### **Competencia específica de la materia Cultura Científica 8:**

**CE.CC.8.** Comprender y valorar la ciencia como una construcción colectiva en continuo cambio y evolución, en la que no solo participan las personas dedicadas a la ciencia, sino que también requiere de una interacción con el resto de la sociedad, para obtener resultados que repercutan en el avance tecnológico, económico, ambiental y social.

#### **Descripción**

Para comprender adecuadamente lo que significa la ciencia, el alumno o la alumna deben asumir que la no es un proceso finalizado, sino que está en una continua construcción recíproca con la tecnología y la sociedad. La búsqueda de nuevas explicaciones, la mejora de procedimientos, los nuevos descubrimientos científicos, etc. influyen sobre la sociedad, y conocer de forma global los impactos que la ciencia produce sobre ella es fundamental en la elección del camino correcto para el desarrollo. En esta línea, el alumnado competente debe tener en cuenta valores como la importancia de los avances científicos por y para una sociedad demandante, los límites de la ciencia, las cuestiones éticas y la confianza en los científicos y en su actividad.

Todo esto forma parte de una conciencia social en la que no solo interviene la comunidad científica, sino que requiere de la participación de toda la sociedad puesto que implica un avance individual y social conjunto.

#### **Vinculación con otras competencias**

Esta competencia específica se relaciona directamente con la CE.FQ.6 así como con otras pertenecientes a la misma materia como la CE.FQ.3 en cuanto a la necesidad de usar la lengua de manera apropiada y adecuada para producir información científica en diferentes formatos y fuentes o de otras asignaturas del área científica como la CE.BG.3. También se relaciona con la CE.FQ.1 en el conocimiento de los procesos relativos al tratamiento de la información para llegar a conclusiones fiables.

En cuanto a la relación con las competencias de otras materias, se relaciona con CE.GH.7 de la materia Geografía e Historia, por la creación de una conciencia social que nos haga partícipes a todos del progreso y de la conservación del patrimonio; con la competencia CE.EE.3 de la materia Economía y Emprendimiento, por el análisis del impacto que podemos generar en el entorno y la adopción de soluciones; con la competencia CE.M.2 de la materia de Matemáticas, en la que se realizan análisis de soluciones a problemas, evaluando las respuestas y su repercusión global.

#### **Vinculación con el Perfil de salida**

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CP1, STEM2, STEM5, CPSAA4, CC4, CCEC1.

## **II. Criterios de evaluación**

La evaluación debe constituir un proceso constante a lo largo del proceso de enseñanza/aprendizaje, que es necesario planificar. Los contenidos y procedimientos seleccionados para evaluar con finalidades calificadoras y los criterios de evaluación aplicados condicionan totalmente cómo el profesorado enseña y cómo el alumnado estudia y aprende. La



evaluación no sólo mide los resultados, sino que condiciona qué se enseña y cómo, y muy especialmente qué aprenden los estudiantes y cómo lo hacen.

Las actividades de evaluación deberían tener como finalidad principal favorecer el proceso de regulación, es decir, que el alumnado consiga reconocer las diferencias entre lo que se propone y sus propias maneras de pensar o hacer. De esta manera, se ayuda a que el propio alumnado pueda detectar sus dificultades y disponga de estrategias e instrumentos para superarlas. Si se realiza una buena evaluación con funciones reguladoras, se consigue que una proporción mayor de alumnado obtenga buenos resultados en las evaluaciones sumativas. No hay duda de que es difícil y en algunos casos no se consigue, pero la investigación en este campo demuestra que cuando se consigue, los resultados son mucho mejores (Sanmartí, 2007).

Además, evaluar es una condición necesaria para mejorar la enseñanza. La evaluación es la actividad que más impulsa el cambio, ya que posibilita la toma de conciencia de unos hechos y el análisis de sus posibles causas y soluciones. Evaluar la enseñanza comporta (Sanmartí, 2007) por un lado, detectar la adecuación de sus objetivos a una determinada realidad escolar, y la coherencia, con relación a dicho objetivos, de los contenidos, actividades de enseñanza seleccionadas y criterios de evaluación aplicados. Por otro, emitir juicios sobre los aspectos que conviene reforzar y sobre las posibles causas de las incoherencias detectadas. Y finalmente, tomar decisiones sobre cómo innovar para superar las deficiencias observadas.

<b>CE.CC.1</b>
<i>Reconocer los motivos por los que ocurren los principales fenómenos naturales, a partir de situaciones cotidianas, y explicarlos en términos de las leyes y teorías científicas adecuadas.</i>
Dentro de la asignatura Cultura Científica, este criterio trata de comprobar que el alumnado comprende que los fenómenos naturales ocurren como resultado de procesos explicables, y que se ajustan a las leyes y principios científicos que ayudan a explicar el mundo. Más allá del conocimiento preciso de las teorías científicas, se pretende que los alumnos y las alumnas sean capaces de relacionar el funcionamiento cotidiano del mundo con principios bien establecidos.
<i>Cultura Científica</i>
1.1. Diferenciar entre explicaciones científicas y no científicas de los fenómenos naturales. 1.2. Explicar los fenómenos naturales más relevantes en términos de principios, teorías y leyes científicos adecuados como estrategia en la toma de decisiones fundamentadas.
<b>CE.CC.2</b>
<i>Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente para resolver preguntas relacionadas con las ciencias y con su impacto en la vida cotidiana y en el desarrollo de la sociedad</i>
Se pretende que el alumnado sea capaz de analizar críticamente la información a la que tiene acceso de forma habitual, y de localizar fuentes fiables que le permitan comprobar si dicha información se corresponde con los hechos, sin necesidad de ser un experto en la materia concreta de que se trate. La evaluación de este criterio debería ser eminentemente práctica, basada en las actividades de desarrollo realizadas por el alumnado.
<i>Cultura Científica</i>
2.1. Resolver cuestiones y profundizar en aspectos relacionados con los saberes del ámbito de la ciencia localizando, seleccionando, organizando y analizando críticamente la información de distintas fuentes citándolas con respeto por la propiedad intelectual. 2.2. Contrastar la veracidad de la información sobre temas relacionados con los saberes del ámbito de la ciencia utilizando fuentes fiables adoptando una actitud crítica y escéptica hacia informaciones sin una base científica como pseudociencias, teorías conspiratorias, creencias infundadas, bulos, etc.
<b>CE.CC.3</b>
<i>Interpretar y transmitir información y datos científicos, contrastando previamente su veracidad, y argumentar sobre ellos utilizando diferentes formatos y utilizando lenguaje verbal o gráfico apropiado, para adquirir y afianzar conocimientos y analizar conceptos y procesos del entorno social y cultural</i>
La participación social de los ciudadanos en relación con la ciencia no solo consiste en estar informado siendo un receptor pasivo de esa información, sino también en ser capaz de comunicar a los demás, de un modo argumentado, sus conocimientos y su valoración de la información científica.
<i>Cultura Científica</i>
3.1. Analizar conceptos y procesos relacionados con los saberes científicos interpretando información en diferentes formatos (modelos, gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos, páginas web...), manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas. 3.2. Facilitar la comprensión y análisis de opiniones propias fundamentadas y de información relacionada con los saberes del ámbito de las ciencias, transmitiéndola de forma clara y rigurosa utilizando la terminología y el formato adecuados (modelos, gráficos, tablas, videos, informes, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos, contenidos digitales...).
3.3. Analizar y explicar fenómenos científicos representándolos mediante el diseño y la realización de modelos y diagramas, utilizando, cuando sea necesario, los pasos del diseño de ingeniería (identificación del problema, exploración, diseño, creación, evaluación y mejora).
<b>CE.CC.4</b>
<i>Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la ciencia, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario.</i>



Otro aspecto importante de la participación de la ciudadanía en el proceso de integración de la ciencia en la sociedad es la puesta en práctica del pensamiento científico para la resolución de problemas. Las prácticas científicas no se refieren solo a un tipo de conocimiento especializado, sino que suponen una herramienta válida para la resolución de problemas cotidianos. Se pretende que el alumnado analice y aplique la información de la que dispone (conocimientos, procedimientos, búsqueda de información fiable, lluvia de ideas con sus iguales...) para tratar de resolver problemas que le puedan surgir en su vida diaria de un modo crítico. En 4º, además se propone al estudiante que busque alternativas a los procedimientos utilizados en el caso de que no se llegase a una solución satisfactoria.
<i>Cultura Científica</i>
4.1. Resolver problemas o dar explicación a procesos científicos utilizando conocimientos, datos e información aportados, el razonamiento lógico, el pensamiento computacional o recursos digitales.
4.2. Analizar críticamente la solución a un problema sobre fenómenos científicos y cambiar los procedimientos utilizados o conclusiones si dicha solución no fuese viable o ante nuevos datos aportados con posterioridad.
<b>CE.CC.5</b>
<i>Utilizar de forma crítica, eficiente y segura plataformas digitales y recursos variados, tanto para el trabajo individual como en equipo, para fomentar la creatividad, el desarrollo personal y el aprendizaje individual y social, mediante la consulta de información, la creación de materiales y la comunicación efectiva en los diferentes entornos de aprendizaje..</i>
Las plataformas digitales constituyen, en la actualidad, el principal sistema de comunicación social. Su uso permite contar con una cantidad de información totalmente impensable hace unos años, y colaborar con otras personas flexibilizando al máximo las limitaciones que imponen el tiempo y el espacio, pero también comportan riesgos derivados del exceso de información o de la enorme diversidad de fuentes, entre las que se encuentran tanto recursos fiables como no fiables.
<i>Cultura Científica</i>
5.1. Utilizar de forma eficiente recursos variados, tradicionales y digitales, para mejorar la interacción con otros miembros de la comunidad educativa, de forma rigurosa y respetuosa y analizando críticamente las aportaciones de todos.
5.2. Trabajar de forma versátil con medios variados, tradicionales y digitales, en la consulta de información y la creación de contenidos, seleccionando y empleando con criterio las fuentes y herramientas más fiables y desechando las menos adecuadas para la mejora del aprendizaje propio y colectivo.
<b>CE.CC.6</b>
<i>Utilizar las estrategias propias del trabajo colaborativo que permitan potenciar el crecimiento entre iguales como base emprendedora de una comunidad científica crítica, ética y eficiente, para comprender la importancia de la ciencia en la mejora de la sociedad, las aplicaciones y repercusiones de los avances científicos, la preservación de la salud y la conservación sostenible del medio ambiente.</i>
Este criterio de evaluación busca lograr que el alumnado sea capaz de iniciar y llevar a cabo proyectos de carácter científico que tengan como base fundamental la metodología desarrollada. Las tareas propuestas deben presentar un carácter integrador para que el alumnado se implique en la mejora y enriquecimiento del ámbito social, fomentando así el aprendizaje significativo, y a su vez se reconozca y se reafirme la utilidad que poseen los resultados para el individuo como ser y como sociedad en continuo cambio. En este nivel se considera que los alumnos y las alumnas deben comenzar a desarrollar estrategias de autonomía y emprendimiento, de tal manera que se fomente la autodisciplina, la creatividad y el compromiso, entre otros, pero siempre considerando al docente como guía principal.
<i>Cultura Científica</i>
6.1. Establecer interacciones constructivas y coeducativas emprendiendo actividades de cooperación e iniciando el uso de las estrategias propias del trabajo colaborativo, como forma de construir un medio de trabajo eficiente en la ciencia.
6.2. Empezar, de forma autónoma y de acuerdo a la metodología adecuada, proyectos científicos que involucren al alumnado en la mejora de la sociedad y que creen valor para el individuo y para la comunidad.
<b>CE.CC.7</b>
<i>Analizar los efectos de determinadas acciones sobre la salud, el medio ambiente natural y social y el patrimonio cultural, basándose en los fundamentos científicos, para promover, adoptar y valorar hábitos que mejoren la salud individual y colectiva, eviten o minimicen los impactos medioambientales negativos, sean compatibles con un desarrollo sostenible y permitan mantener y mejorar el patrimonio cultural.</i>
Se busca que el alumnado sea capaz de analizar críticamente los efectos negativos que puede llegar a tener una aplicación poco cuidadosa de la investigación científica, al tiempo que reconozca el importante papel que esa misma ciencia puede llegar a jugar en la resolución de esos mismos problemas.
<i>Cultura Científica</i>
7.1. Relacionar con fundamentos científicos la preservación de la biodiversidad, la conservación del medio ambiente, la protección de los seres vivos del entorno, el desarrollo sostenible, la calidad de vida y el patrimonio cultural.
7.2. Proponer y adoptar hábitos sostenibles analizando de una manera crítica las actividades propias y ajenas y basándose en los propios razonamientos, conocimientos adquiridos e información disponible.
7.3. Evaluar los efectos de determinadas acciones individuales sobre el organismo y el medio natural y social y proponer hábitos saludables y sostenibles basados en los conocimientos adquiridos y la información disponible.
<b>CE.CC.8</b>
<i>Comprender y valorar la ciencia como una construcción colectiva en continuo cambio y evolución, en la que no solo participan las personas dedicadas a la ciencia, sino que también requiere de una interacción con el resto de la sociedad, para obtener resultados que repercutan en el avance tecnológico, económico, ambiental y social.</i>
Se considera que el alumnado debe entender el concepto de ciencia vinculado a la sociedad, no como algo estático, sino como una constante evolución que a su vez es inherente al ser humano. En ella, la participación de los profesionales de la ciencia es tan importante como la propia interacción que ellos mismos deben llevar a cabo con la sociedad. En consecuencia, los resultados obtenidos, trascenderán de manera directa en el progreso de los diferentes ámbitos propios de la colectividad. Es esencial que el alumnado trabaje mediante un proceso de reconocimiento y valoración de los aspectos históricos más relevantes llevados a cabo por hombres y mujeres, así como el progreso de los mismos, teniendo también en cuenta los contextos contemporáneos. Algunos aspectos a considerar son: los límites de la ciencia, las cuestiones éticas y la confianza en los científicos y en su actividad. Considerar la ciencia además de como una evolución, como una constante construcción que lleva a cabo una influencia recíproca entre la ciencia coetánea, la tecnología, la comunidad y el medio ambiente. Además, el alumnado debe descubrir y analizar las necesidades existentes en nuestra actualidad, para conocer todas las posibilidades de acción que

tiene la ciencia para solventar las mismas de manera sostenible y llevada a cabo mediante la implicación de la comunidad. Concretamente, en 4º de la ESO, es necesario que este análisis sea realizado y estudiado de manera global.

#### *Cultura Científica*

- 8.1. Justificar la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de los hombres y mujeres dedicados a su desarrollo, entendiendo la investigación como una labor colectiva en constante evolución fruto de la interacción entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente.
- 8.2. Reconocer y valorar, a través del análisis histórico de los avances científicos logrados por mujeres y hombres y de situaciones y contextos actuales (líneas de investigación, instituciones científicas y hombres y mujeres en ellas, aplicaciones directas, etc.), que la ciencia es un proceso en permanente construcción y las repercusiones e implicaciones sociales, económicas y medioambientales de la ciencia actual en la sociedad.
- 8.3. Detectar las necesidades tecnológicas, ambientales, económicas y sociales más importantes que demanda la sociedad para entender la capacidad de la ciencia para darles solución sostenible a través de la implicación de toda la ciudadanía.

## III. Saberes básicos

### III.1. Descripción de los diferentes bloques en los que se estructuran los saberes básicos de 4º de ESO

#### A. Naturaleza de la ciencia

Se entiende el concepto de Naturaleza de la Ciencia en un sentido amplio, que abarca tanto la epistemología de la ciencia y los valores y supuestos inherentes al conocimiento científico como qué es la ciencia, su funcionamiento interno y externo, cómo construye y desarrolla el conocimiento que produce, los métodos que emplea para validar y difundir este conocimiento, los valores implicados en las actividades científicas, las características de la comunidad científica, los vínculos con la tecnología, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y, viceversa, las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad; esto es, la noción de Naturaleza de la ciencia incluye cuestiones epistemológicas, sociológicas y psicológicas (Acevedo Díaz, 2008).

#### B. Ciencia y comunicación

Uno de los elementos identificativos y diferenciadores del conocimiento científico es su carácter público: la ciencia se publica para ser validada (revisión por pares) y para ser compartida por toda la sociedad. Sin embargo, esta comunicación se produce a varios niveles, y en cada uno de ellos tiene características peculiares: no es lo mismo la comunicación que se produce entre científicos para dar a conocer sus resultados, que la que llega al público en general en forma de divulgación científica o de información genérica. El bloque pretende que el alumnado sea capaz de distinguir estas funciones, pero también que sea capaz de identificar los aspectos que reflejan los valores del conocimiento científico, interpretando esta información de forma adecuada y desarrollando estrategias que le permitan encontrar fuentes fiables de información.

#### C. La repercusión de la ciencia

Además de un modo de creación de conocimiento, la ciencia es también un conjunto de conocimientos referentes al funcionamiento del mundo físico. En ocasiones, las asignaturas científicas “tradicionales” presentan estos contenidos de acuerdo con la lógica de las propias materias, de un modo bastante descontextualizado. Sin embargo, el conocimiento científico es omnipresente en nuestra realidad.

Con este bloque se pretende que el alumnado compruebe que “hay mucha más ciencia de lo que la gente cree”, analizando ejemplos de aplicación del conocimiento científico en su vida cotidiana, en el funcionamiento de la sociedad o en nuestra visión actual del mundo, a través del conocimiento de teorías científicas históricas que configuran esa visión. Por este motivo, más que proponer un conjunto determinado de conceptos o de teorías científicas, se propone que el bloque se trabaje a partir de “centros de interés” del alumnado, o de problemas reales que se pueden encontrar en su entorno.

#### D. Ciencia y futuro: contribución a los ODS

La ciencia es, también, una herramienta poderosa para configurar nuestro futuro. La investigación, tanto básica como aplicada, no solo busca incrementar nuestro conocimiento de la realidad, sino también dar respuesta a los retos que

esta nos plantea. En estos momentos, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son una concreción consensuada de los principales desafíos a los que se enfrenta la humanidad, y parece importante darlos a conocer específicamente al alumnado, al tiempo que se expone el modo en que la ciencia puede contribuir a lograrlos.

### III.2. Concreción de los saberes básicos, Cultura Científica

<b>A. Naturaleza de la ciencia</b>	
El bloque pretende dar a conocer qué es la ciencia, por qué constituye un modo de conocimiento válido y fiable y cuál es su papel en la sociedad. Para ello se propone un acercamiento epistemológico, adecuado al nivel del alumnado, de los métodos y prácticas de la ciencia, y de las características que la diferencian de las pseudociencias. Por otra parte, se trata también de dar a conocer la función de la ciencia en la sociedad desde una perspectiva crítica.	
<i>Conocimientos, destrezas y actitudes</i>	<i>Orientaciones para la enseñanza</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Concepto y métodos de la ciencia.</li> <li>– Diseño de controles experimentales (positivos y negativos) y argumentación sobre su esencialidad para obtener resultados objetivos y fiables en un experimento.</li> <li>– Experimentación para responder a una cuestión científica determinada utilizando los instrumentos y espacios (laboratorio, aulas, entorno...) de forma adecuada y precisa.</li> <li>– Ciencia y pseudociencias.</li> <li>– Relaciones de la ciencia con la sociedad.</li> <li>– Instituciones científicas en España y Aragón. La carrera científica.</li> <li>– Ciencia ciudadana.</li> </ul>	<p>Este bloque puede desarrollarse tanto de modo transversal como de forma explícita y reflexiva. Este segundo enfoque, que no supone una enseñanza “transmisiva de un modo directo”, sino que se refiere a un enfoque que permite hacer visible la NdC en el aula mediante una cuidadosa planificación, contenidos que se desarrollan en actividades variadas en contextos adecuados y una evaluación detallada de los procesos y resultados conseguidos, ha demostrado ser eficaz con actividades de indagación o de investigación guiada. También se ha utilizado con materiales de historia de la ciencia y de filosofía de la ciencia. Asimismo, se ha puesto en práctica mediante actividades que integran contenidos de NdC en cuestiones tecnocientíficas controvertidas con interés social y personal y en cursos de ciencias. (Acevedo Díaz, 2008)</p> <p>Podría ser interesante la realización de visitas a instituciones de investigación y/o la participación de algún científico o científica en activo que pueda presentar su historia personal al alumnado como ejemplo que puede ser seguido.</p>
<b>B. Ciencia y comunicación</b>	
La comunicación es un elemento fundamental en la construcción del conocimiento científico, desde su papel como método de comprobación de su validez (revisión por pares) hasta la difusión de ese conocimiento al público general para su aplicación en el funcionamiento ordinario de la sociedad. La participación social de los ciudadanos requiere que estén capacitados para encontrar, reconocer, analizar, valorar y utilizar la información válida y fiable, incluso en campos de conocimiento complejos, y distinguirla de otras informaciones que no reúnan las condiciones para ser aceptadas como válidas y fiables, dando su correcto valor a cada una de ellas en los momentos y contextos correspondientes.	
<i>Conocimientos, destrezas y actitudes</i>	<i>Orientaciones para la enseñanza</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Funciones de la comunicación en la ciencia</li> <li>– Niveles de comunicación de la ciencia: investigación, difusión, divulgación e información general</li> <li>– Los elementos de un artículo científico y su función comunicativa</li> <li>– Uso de herramientas de comunicación de información: gráficos, tablas, etc.</li> <li>– La importancia de las citas y referencias</li> <li>– Reconocimiento y utilización de fuentes veraces de información científica.</li> <li>– Estrategias de utilización de herramientas digitales para la búsqueda de información, la colaboración y la comunicación de procesos, resultados o ideas en diferentes formatos (presentación, gráfica, vídeo, póster, informe...).</li> </ul>	<p>Este bloque puede ser desarrollado de forma explícita, pero también de modo transversal, introduciendo los elementos que lo componen a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje, a medida que vayan siendo necesarias.</p>
<b>C. La repercusión de la ciencia</b>	
Se busca que el alumnado valore la importancia que tiene la ciencia sobre el mundo en el que vive, analizando para ello tres tipos de relaciones entre ciencia y sociedad: la aplicación directa de principios científicos en la vida cotidiana, cuestiones de índole científica que se trasladan como debates a la opinión pública, y teorías científicas que configuran nuestro modo de ver el mundo, trascendiendo a su ámbito concreto.	
<i>Conocimientos, destrezas y actitudes</i>	<i>Orientaciones para la enseñanza</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Análisis de algún principio científico que tenga aplicación directa en la vida cotidiana del alumnado.</li> <li>– Análisis de algún principio científico o de algún tema de actualidad científica que genere debate en la sociedad actual</li> <li>– Papel de las grandes científicas y científicos en el desarrollo de las ciencias biológicas y geológicas.</li> <li>– Análisis de la evolución histórica de un descubrimiento científico determinado.</li> </ul>	<p>Más que una lista de temas concretos, se propone trabajar estos contenidos a partir de los intereses del alumnado o de la actualidad informativa del momento. Parece altamente recomendable abordar estos contenidos como proyectos de trabajo por parte del alumnado, que incluyan una fase de documentación, la exposición de las conclusiones y, si resulta adecuado, el debate entre ideas diferentes. Entre los temas que pueden tratarse podemos citar el papel de la biotecnología en la producción de alimentos y bebidas, el riesgo y los efectos de las inundaciones, las variaciones climáticas locales debidas al cambio climático, el debate ético en torno a la manipulación genética, las ventajas e inconvenientes de distintas fuentes de</p>

	energía, teorías históricamente determinantes como la tectónica de placas, la evolución biológica, la teoría microbiana de la enfermedad, el uso de controversias sociocientíficas (tanto históricas como de actualidad), la exploración espacial en la actualidad, el desarrollo de la nanotecnologías y sus posibles aplicaciones, la gestión de residuos químicos, los nuevos materiales, ...
<b>D. Ciencia y futuro: contribución a los ODS</b>	
La ciencia ha sido y es, desde su formalización en la Revolución Científica, una poderosa herramienta para colaborar en el desarrollo y en la evolución de las sociedades, y seguirá cumpliendo este papel en el futuro, dado que es la herramienta que nos aporta soluciones para abordar los problemas a los que nos enfrentamos. En el momento actual, los Objetivos para el Desarrollo Sostenible sirven de marco que identifica estos retos y plantea los problemas a los que nos enfrentamos y el tipo de soluciones que deseamos obtener como sociedad para asegurar la supervivencia y el bienestar de las generaciones futuras. Por lo tanto, los ODS indican, de alguna forma, los retos más importantes, o al menos más urgentes, a los que debe enfrentarse la ciencia.	
<i>Conocimientos, destrezas y actitudes</i>	<i>Orientaciones para la enseñanza</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Los ODS como modelo de desarrollo para el futuro.</li> <li>– La posible aportación de la ciencia al logro de los objetivos de desarrollo sostenible.</li> </ul>	<p>Este bloque de conocimientos es posible trabajarlo de forma transversal al resto de conocimientos o también llevando a cabo una investigación concreta sobre una de las diversas problemáticas planteadas en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible que pueden ser resueltos desde la óptica científica.</p> <p>Algunas cuestiones que se podrían tratar son: La producción y gestión de residuos, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el desequilibrio entre la población mundial en el uso y utilización de recursos vitales o la producción y consumo energético.</p> <p>Otra opción es partir de las investigaciones que se están llevando a cabo en Europa, accesibles a través de los medios de comunicación de la Comisión Europea, estudiando algunas de ellas de acuerdo con los intereses del alumnado y relacionándolas con los ODS en los que inciden.</p>

## IV. Orientaciones didácticas y metodológicas

### IV.1. Sugerencias didácticas y metodológicas

Resulta conveniente partir de situaciones de la vida real y diseñar, en torno a ellas, actividades que ofrezcan oportunidades para el desarrollo de los aprendizajes que deseamos promover. Es decir, oportunidades para formular problemas, seleccionar información relevante y analizarla, desarrollar los conceptos científicos implicados, la formulación de hipótesis y conclusiones, etc. Cuando nos centramos en problemas reales aumentan las ocasiones de poner en juego las actitudes y valores que afloran en los contextos y procesos de toma de decisiones. (Prieto, España, & Martín, 2012)

Esta asignatura se presta especialmente bien a ser desarrollada en forma de uno o varios proyectos de investigación, integrando los conocimientos teóricos dentro del proceso de elaboración de productos por parte del alumnado. Una posible secuencia metodológica sería empezar por analizar alguna noticia de carácter científico aparecida en los medios de comunicación, para ir profundizando sobre su contenido mediante la consulta de otras fuentes más rigurosas. Los trabajos podrían incluir aspectos de la historia de la ciencia, reflexiones sobre su naturaleza y debates sobre polémicas generadas por el conocimiento científico y su aplicación.

Se propone, por tanto, un enfoque basado en la indagación, coherente con el de las otras materias del área de las ciencias experimentales (Biología y Geología, Física y Química), que parta de problemas socio-científicos trabajados con una perspectiva de apertura disciplinar, es decir, centrándose en el problema más que en el ámbito disciplinar concreto.

El enfoque CTS que se considera apropiado para esta asignatura propugna la participación activa del alumnado en las prácticas científicas. Esta participación puede implementarse de varias formas. Parecen especialmente indicadas, por ejemplo, la intervención directa en debates socio-científicos, o la participación en proyectos de ciencia ciudadana. Ambos mecanismos permiten visibilizar el trabajo científico como parte del funcionamiento “real” de la sociedad, lo que puede contribuir a integrar ciencia y sociedad, uno de los objetivos de la asignatura. En todo caso, la participación del alumnado en el diseño de experimentos, o la realización de trabajos que incluyan búsqueda de información, análisis de datos, conclusiones y referencias bibliográficas también contribuirán a valorar los procedimientos científicos como métodos válidos para la construcción de conocimientos.

#### IV.2. Evaluación de aprendizajes

Se propone aplicar los mismos principios pedagógicos relativos a la evaluación que se recogen en los currículos de Biología y Geología y de Física y Química. En todo caso, se recuerdan las siguientes recomendaciones para la evaluación de esta asignatura:

- Las tareas de evaluación deben ser contextualizadas, es decir, referirse a problemas o situaciones reales.
- Estos problemas deben ser complejos, y los alumnos y las alumnas deberían interrelacionar conocimientos distintos y poner en acción habilidades diversas para plantear posibles soluciones (pensamiento sistémico).
- Estos problemas deberían ser diferentes de los trabajados en el transcurso del proceso de enseñanza. Interesa reconocer si los alumnos y las alumnas son capaces de transferir aprendizajes.
- Las tareas planteadas deberían ser acordes con los aprendizajes realizados. Los alumnos deben poder anticipar e incluso conocer los criterios de evaluación.
- La propia evaluación debería ser ocasión para aprender tanto a reconocer qué se ha aprendido o se puede mejorar, como los propios límites. Por tanto, es importante que la comunicación de los resultados vaya acompañada de un proceso que ayude a la autorreflexión o *feedback* sobre las posibles causas de dichos límites.
- No tiene sentido proponer una evaluación calificadora cuando se prevé que los aprendizajes aún no están preparados para tener éxito.

#### IV.3. Diseño de situaciones de aprendizaje

Un currículo para la alfabetización científica se debería basar en la creación de situaciones de aprendizaje variadas para que emerjan problemas, susciten hipótesis, demanden estrategias de estudio, dé criterios para el análisis, reglas para la interpretación de los datos, etc. Es decir, para poner a prueba los propios conocimientos, las creencias y valorar la información.

Del Carmen y Jiménez Aleixandre (1997), Caamaño (2003), García Carmona y Criado (2007), Harlen (2014) y Cañal et al. (2016) asumen los principios de diseño que deben estar presentes a la hora de decidir sobre los contenidos y las actividades en el marco del modelo de aprendizaje por indagación, como son: 1) identificar problemas que tengan conexión con la vida real para ser investigados del currículo; 2) plantear preguntas que requieran razonamiento, explicaciones y reflexiones, donde los escolares pongan en juego sus ideas intuitivas y las sometan a análisis; 3) mantener los objetivos conceptuales, en número limitado, para facilitar tanto su comprensión, como su utilización en contextos de investigación; 4) emplear destrezas científicas de investigación y experimentación para comprobar ideas; 5) tratar de que el alumnado registre sus observaciones y otras informaciones recopiladas durante la indagación (mediante tablas, gráfico, vocabulario apropiado...) de manera que ello les facilite la posterior interpretación y discusión de resultados; 6) reflexionar de forma crítica sobre la forma en que se recogen los datos y las pruebas y sobre cómo se usan para comprobar las ideas; 7) destinar un tiempo para que los alumnos y las alumnas reflexionen sobre qué han aprendido, el modo en que han aprendido y cómo ello se puede aplicar en el aprendizaje futuro sobre cuestiones cotidianas. En la actividad científica las habilidades comunicativas tienen un papel destacado porque la actividad científica es, eminentemente, una actividad discursiva. Hablando y discutiendo con sus compañeros, con sus compañeras, los científicos y las científicas (y el alumnado) están actuando sobre el mundo, al igual que lo hacen cuando experimentan (Martí & Amat, 2017).

#### IV.4. Ejemplificación de situaciones de aprendizaje

**Ejemplo de situación de aprendizaje [1]: Salud y bienestar: Microorganismos, antibióticos y resistencias.**

##### Introducción y contextualización:

La resistencia a los antibióticos es uno de los problemas sanitarios más acuciantes de la actualidad, tal y como ha señalado la Organización Mundial de la Salud. En este sentido, es fácil incluirlo dentro del tercer Objetivo para el Desarrollo Sostenible, "Salud y Bienestar". Como problema socio-científico, aparece con bastante frecuencia en la prensa, de modo que resulta sencillo encontrar información dirigida al público general que se puede utilizar como punto de partida para implicar al alumnado en el problema.

##### Objetivos didácticos:

Los objetivos didácticos que se pretende que alcance el alumnado, expresados en términos de los criterios de evaluación de la asignatura, son los siguientes:

- 2.1. Resolver cuestiones y profundizar en aspectos relacionados con los saberes del ámbito de la ciencia localizando, seleccionando, organizando y analizando críticamente la información de distintas fuentes citándolas con respeto por la propiedad intelectual.
- 2.2. Contrastar la veracidad de la información sobre temas relacionados con los saberes del ámbito de la ciencia utilizando fuentes fiables adoptando una actitud crítica y escéptica hacia informaciones sin una base científica como pseudociencias, teorías conspiratorias, creencias infundadas, bulos, etc.
- 3.1. Analizar conceptos y procesos relacionados con los saberes científicos interpretando información en diferentes formatos (modelos, gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos, páginas web...), manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas.
- 3.2. Facilitar la comprensión y análisis de opiniones propias fundamentadas y de información relacionada con los saberes del ámbito de las ciencias, transmitiéndola de forma clara y rigurosa utilizando la terminología y el formato adecuados (modelos, gráficos, tablas, vídeos, informes, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos, contenidos digitales...).
- 3.3. Analizar y explicar fenómenos científicos representándolos mediante el diseño y la realización de modelos y diagramas, utilizando, cuando sea necesario, los pasos del diseño de ingeniería (identificación del problema, exploración, diseño, creación, evaluación y mejora).
- 4.2. Analizar críticamente la solución a un problema sobre fenómenos científicos y cambiar los procedimientos utilizados o conclusiones si dicha solución no fuese viable o ante nuevos datos aportados con posterioridad.
- 5.1. Evaluar los efectos de determinadas acciones individuales sobre el organismo y el medio natural y social y proponer hábitos saludables y sostenibles basados en los conocimientos adquiridos y la información disponible.
- 5.3. Trabajar de forma versátil con medios variados, tradicionales y digitales, en la consulta de información y la creación de contenidos, seleccionando y empleando con criterio las fuentes y herramientas más fiables y desechando las menos adecuadas para la mejora del aprendizaje propio y colectivo.
- 6.1. Establecer interacciones constructivas y coeducativas emprendiendo actividades de cooperación e iniciando el uso de las estrategias propias del trabajo colaborativo, como forma de construir un medio de trabajo eficiente en la ciencia.
- 6.2. Empezar, de forma autónoma y de acuerdo a la metodología adecuada, proyectos científicos que involucren al alumnado en la mejora de la sociedad y que creen valor para el individuo y para la comunidad.
- 7.2. Proponer y adoptar hábitos sostenibles analizando de una manera crítica las actividades propias y ajenas basándose en los propios razonamientos, conocimientos adquiridos e información disponible.
- 7.3. Proponer y adoptar, hábitos saludables, analizando los acciones propias y ajenas (alimentación, higiene, postura corporal, actividad física, relaciones interpersonales, descanso, exposición a las pantallas, manejo del estrés, seguridad en las prácticas, etc.
- 8.1. Justificar la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de los hombres y mujeres dedicados a su desarrollo, entendiendo la investigación como una labor colectiva en constante evolución fruto de la interacción entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente.
- 8.2. Reconocer y valorar, a través del análisis histórico de los avances científicos logrados por mujeres y hombres y de situaciones y contextos actuales (líneas de investigación, instituciones científicas y hombres y mujeres en ellas, aplicaciones directas, etc.), que la ciencia es un proceso en permanente construcción y las repercusiones e implicaciones sociales, económicas y medioambientales de la ciencia actual en la sociedad.



8.3. Detectar las necesidades tecnológicas, ambientales, económicas y sociales más importantes que demanda la sociedad para entender la capacidad de la ciencia para darles solución sostenible a través de la implicación de toda la ciudadanía.

**Elementos curriculares involucrados:**

En esta situación de aprendizaje están implicados los cuatro bloques de saberes básicos de la asignatura:

- La naturaleza de la ciencia, en lo que respecta a la metodología científica (diseño experimental, estructura de los análisis clínicos) y a la repercusión de la ciencia en la sociedad (consecuencias de la resistencia, posibilidades para afrontarlas)
- Comunicación y ciencia, en relación a la búsqueda y análisis de la información
- Repercusión de la ciencia: estudio histórico de la teoría microbiana de la enfermedad, papel de diferentes científicos, efecto de los antibióticos y consecuencias de las resistencias, papel de los antibióticos en la vida cotidiana.
- Ciencia y futuro: Repercusión de las resistencias a antibióticos en el objetivo de “salud y bienestar”.

**Conexiones con otras materias:**

La conexión más directa que se puede establecer es la Biología y Geología, dado que el problema aborda cuestiones de salud que también son objetivo de esta materia. También se pueden establecer conexiones con las Matemáticas, concretado en el tratamiento estadístico y la representación de datos.

La búsqueda de diferentes fuentes de información relaciona la situación de aprendizaje con la asignatura Tecnología y Digitalización, mientras que el análisis de dicha información establece vínculos con la materia de Lengua Castellana y Literatura.

**Descripción de la actividad:**

Se propone partir de alguna noticia en los medios de comunicación sobre la resistencia a los antibióticos y el problema que supone de cara al futuro, para profundizar sobre el tema buscando información más profunda, precisa y fiable.

A continuación, se plantea una revisión histórica de la teoría microbiana de la enfermedad y de cómo ha influido en la salud de la población humana. En esta fase se puede revisar la importancia y las aportaciones de diferentes científicos y científicas de la historia, como Pasteur, Semmelweis, Florence Nightingale...

La tercera fase del trabajo consistiría en diseñar, planificar y realizar un estudio sobre el uso de antibióticos en la población: frecuencia, usos, automedicación, tipos de antibióticos, pautas de consumo... Los resultados se utilizarían para elaborar un informe redactado según la estructura de los artículos científicos.

La participación en prácticas científicas puede implementarse mediante la participación en un proyecto de ciencia ciudadana para el “screening” de antibióticos. La Universidad de Zaragoza organiza una actividad de este tipo, abierta a la colaboración de los centros educativos. Se complementaría mediante una búsqueda de información relacionada con la estructura de los análisis clínicos, que permita al alumnado valorar el tiempo y el esfuerzo que supone desarrollar un nuevo antibiótico.

Como actividad final, se propone un debate grupal en el que se analice la situación de la resistencia a los antibióticos y se planteen posibles estrategias globales y personales para reducir el problema.

**Metodología y estrategias didácticas:**

El alumnado construirá su conocimiento mediante estructuras de aprendizaje cooperativo, que afianzan las responsabilidades individuales y la cooperación entre iguales, y el aprendizaje basado en proyectos, que permite trabajar sobre objetivos claros, se incorporan la iniciativa, el pensamiento crítico y las prácticas científicas en un entorno próximo y concreto del alumnado en el aula y en el laboratorio. La cooperación en grupo enriquecerá el proyecto favoreciendo el planteamiento de preguntas y la formulación de hipótesis. La actividad fomentará la adquisición de rigor en la recogida de sus observaciones y registro de datos a través de herramientas digitales, así como el análisis de sus resultados para responder a sus preguntas en mayor o menor medida.



**Atención a las diferencias individuales:**

Las actividades podrán ser más o menos guiadas en función de las características del alumnado, proporcionando materiales y fuentes con mayor o menor grado de estructuración.

**Recomendaciones para la evaluación formativa:**

Se recomienda el uso de instrumentos y herramientas de evaluación que favorezcan que el alumnado conozca las expectativas del profesorado, por ejemplo, rúbricas de evaluación con criterios explícitos y graduados.

**Ejemplo de situación de aprendizaje [2]: El agua potable****Introducción y contextualización:**

El agua potable, imprescindible para la vida y presente en nuestro día a día de forma permanente, es una gran desconocida.

Que el agua, entendida como disolución y no como sustancia pura, es importante para las personas y para la vida en general, nadie lo duda. Thales de Mileto, el más sobresaliente de los siete sabios de Grecia (siglo VI a.C.), la consideró como elemento básico a partir del cual derivaban todas las demás cosas, concepción que perduró durante siglos.

El agua constituye por sí sola una vía de acercamiento a múltiples disciplinas, como lo demuestra el hecho de que haya sido estudiada desde muy diversos puntos de vista: físico-químico (Greenberg, 1989; Catalán, 1990; Gray, 1996; Rodier, 1990), tecnológico (Degrémont, 1979; Nalco, 1993), ambiental (Margalef, 1983), de la salud (Piedrola, 1994), de consumo (INC, 1987) y otros. El estudio del agua con finalidad didáctica ha sido abordado por distintos autores como Benayas (1989, 1990), Cuello (1993), Llitjós (1994, 1998), Martín (1989) entre otros. Incluso ha utilizado el agua como hilo conductor para explicar la historia de la humanidad (Boccaletti, 2021).

El agua potable como centro de interés, combinado con las metodologías adecuadas, permite al profesorado trabajar todas las competencias clave, así como las competencias específicas de la materia Cultura Científica.

**Objetivos didácticos:**

Los objetivos didácticos que se pretende que alcance el alumnado, expresados en términos de los criterios de evaluación de la asignatura, son los siguientes:

- 1.1. Diferenciar entre explicaciones científicas y no científicas de los fenómenos naturales.
- 1.2. Explicar los fenómenos naturales más relevantes en términos de principios, teorías y leyes científicos adecuados como estrategia en la toma de decisiones fundamentadas.
- 2.1. Resolver cuestiones y profundizar en aspectos relacionados con los saberes del ámbito de la ciencia localizando, seleccionando, organizando y analizando críticamente la información de distintas fuentes citándolas con respeto por la propiedad intelectual.
- 2.2. Contrastar la veracidad de la información sobre temas relacionados con los saberes del ámbito de la ciencia utilizando fuentes fiables adoptando una actitud crítica y escéptica hacia informaciones sin una base científica como pseudociencias, teorías conspiratorias, creencias infundadas, bulos, etc.
- 3.1. Analizar conceptos y procesos relacionados con los saberes científicos interpretando información en diferentes formatos (modelos, gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos, páginas web...), manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas.
- 3.2. Facilitar la comprensión y análisis de opiniones propias fundamentadas y de información relacionada con los saberes del ámbito de las ciencias, transmitiéndola de forma clara y rigurosa utilizando la terminología y el formato adecuados (modelos, gráficos, tablas, vídeos, informes, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos, contenidos digitales...).

3.3. Analizar y explicar fenómenos científicos representándolos mediante el diseño y la realización de modelos y diagramas, utilizando, cuando sea necesario, los pasos del diseño de ingeniería (identificación del problema, exploración, diseño, creación, evaluación y mejora).

5.3. Trabajar de forma versátil con medios variados, tradicionales y digitales, en la consulta de información y la creación de contenidos, seleccionando y empleando con criterio las fuentes y herramientas más fiables y desechando las menos adecuadas para la mejora del aprendizaje propio y colectivo.

6.1. Establecer interacciones constructivas y coeducativas emprendiendo actividades de cooperación e iniciando el uso de las estrategias propias del trabajo colaborativo, como forma de construir un medio de trabajo eficiente en la ciencia.

6.2. Emprender, de forma autónoma y de acuerdo a la metodología adecuada, proyectos científicos que involucren al alumnado en la mejora de la sociedad y que creen valor para el individuo y para la comunidad.

7.2. Proponer y adoptar hábitos sostenibles analizando de una manera crítica las actividades propias y ajenas y basándose en los propios razonamientos, conocimientos adquiridos e información disponible.

8.3. Detectar las necesidades tecnológicas, ambientales, económicas y sociales más importantes que demanda la sociedad para entender la capacidad de la ciencia para darles solución sostenible a través de la implicación de toda la ciudadanía.

#### **Elementos curriculares involucrados:**

En esta situación de aprendizaje están implicados los cuatro bloques de saberes básicos de la asignatura:

La naturaleza de la ciencia: Metodología científica y vínculos con la tecnología.

Comunicación y ciencia: Utilización de fuentes fiables de información, así como a la redacción de informes científicos.

Repercusión de la ciencia: Estudio de diferentes hitos en los tratamientos del agua marcados por descubrimientos científicos como el papel de algunas sustancias químicas (floculantes, desinfectantes) en la obtención de agua potable.

Ciencia y futuro: El agua potable como requisito para conseguir el ODS 6, Agua limpia y saneamiento. También se pone de manifiesto su contribución al ODS 3, Salud y Bienestar.

#### **Conexiones con otras materias:**

Esta propuesta conecta directamente con Física y Química y con Biología y Geología, al introducir conceptos relativos a la desinfección del agua (microorganismos), así como a su composición, relacionada con la solubilidad de las sustancias que encuentra a su paso.

La necesidad de trabajar con datos, interpretar gráficas, estimar concentraciones, utilizar unidades de medida... permite establecer conexiones con las Matemáticas.

#### **Descripción de la actividad:**

Se plantea tomar como punto de partida los conocimientos previos del alumnado, pasando un cuestionario con el que el profesorado identifique las ideas que tienen sobre el agua potable. Puede ser suficiente con plantear una pregunta abierta como qué es el agua potable. Una sesión de puesta en común permitirá evocar experiencias personales en torno al agua potable y reconocer aspectos en los que no se hubieran fijado o a los que no hubieran dado importancia. Esta actividad podrá potenciarse con una visita a una planta potabilizadora o a una instalación de control de calidad de aguas.

Tras la visita se pueden plantear tareas de consolidación con el objetivo de centrar los aspectos más relevantes y fijarlos. Por ejemplo, realizar un folleto explicativo sobre los objetivos y el funcionamiento de la planta potabilizadora que incluya un dibujo esquemático de la misma y los parámetros más destacados que determinan la potabilidad del agua.

Posteriormente se propone realizar una simulación del proceso en el laboratorio. En función del tiempo y de los recursos disponibles, esta puede consistir desde un filtrado con arena, hasta procesos más complejos que incluyan filtros de carbón activo, desinfección con hipoclorito de sodio, determinación de algunos parámetros de salida (pH y concentración de cloro libre se pueden realizar de forma sencilla con kits para piscinas).

El proceso culminará con la elaboración de un informe científico y la comunicación de las conclusiones. De esta forma se sitúa al alumnado en una situación auténtica en la que deberá utilizar las competencias adquiridas.

#### **Metodología y estrategias didácticas:**

Se sugiere la utilización de técnicas de trabajo cooperativo como la técnica puzzle de Aronson, también conocida como grupos de expertos o rompecabezas. En ella, cada grupo cooperativo designa expertos que se centran en el estudio de un aspecto concreto de todos los que se van a estudiar –por ejemplo, la solubilidad de las sustancias en el agua, o la separación de mezclas–, que trabajan con expertos de otros grupos para después trasladar los conocimientos adquiridos a su grupo cooperativo.

Para facilitar este trabajo en equipo y abordar otros aspectos de la metodología científica (tratamiento de datos...), siempre que sea posible es conveniente utilizar medios digitales tales como espacios compartidos, editores digitales que permitan la edición simultánea y aplicaciones que faciliten la presentación de los productos realizados.

#### **Atención a las diferencias individuales:**

Las actividades iniciales de detección de conocimientos previos permitirán al profesorado adaptar las actividades a las diferentes necesidades que presente cada alumno o cada alumna, así como formar grupos heterogéneos de forma que contribuyan a reducir estas diferencias.

#### **Recomendaciones para la evaluación formativa:**

Dada la diversidad de tareas que es posible plantear, en función del alumnado y de las situaciones particulares que se presenten, los instrumentos de evaluación tendrán que ser flexibles y adaptarse a estas situaciones. No obstante, en aras a realizar una evaluación objetiva que al mismo tiempo permita al alumnado conocer en todo momento lo que se espera él, la utilización de rúbricas de evaluación que se den a conocer y se expliquen detalladamente desde el inicio de las actividades, facilita la evaluación en todas sus perspectivas (autoevaluación, coevaluación...).

## **V. Referencias**

- Acevedo Díaz, J. A. (2008). EL ESTADO ACTUAL DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS. Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, 5(2), 134–169. Retrieved from <http://www.apac-eureka.org/revista>
- Benayas, J. y otros. (1989). El agua: Guía para la Educación Ambiental. Mancomunidad de Aguas de Pamplona. Pamplona.
- Benayas, J. y otros. (1990). Fichero de sugerencias didácticas para explorar el complejo mundo del agua. Mancomunidad de la Comarca de Pamplona. Pamplona.
- Boccatelli, G. (2021) Agua, una biografía. Ático de los libros. Barcelona.
- Bodmer, W., & Otros. (1985). The Public Understanding of Science.
- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. En Enseñar ciencias (pp. 95–118). Recuperado de <https://revistas.um.es/educatio/article/download/143/127/0>
- Cañal de León, P., García Carmona, A., & Cruz-Guzmán Alcalá, M. (2016). Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria (Paraninfo). Retrieved from [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=A\\_DuDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR10&dq=Cañal+Didáctica+de+las+Ciencias+Experimentales+en+Educación+Primaria&ots=P7o\\_2ozsJY&sig=tHBK3p5HMiEEqQg8uEpke2uKT3A](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=A_DuDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR10&dq=Cañal+Didáctica+de+las+Ciencias+Experimentales+en+Educación+Primaria&ots=P7o_2ozsJY&sig=tHBK3p5HMiEEqQg8uEpke2uKT3A)
- Catalán Lafuente, J. (1990). Química del agua. Librería Editorial Bellisco. Madrid.

- Cuello, A. y Navarrete, A. (1993). El agua en la ciudad. Materiales didácticos de Educación Ambiental. Junta de Andalucía. Consejería de Educación y Ciencia. Sevilla.
- Degrémont. (1979). Manual técnico del agua. Sociedad Degrémont. Bilbao.
- Del Carmen, L., & Jiménez Aleixandre, M. P. (1997). Los libros de texto: un recurso flexible. *Alambique*, 11, 7–14. Retrieved from <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/25295>
- García Carmona, A., & Criado, A. (2007). Investigar para aprender, aprender para enseñar. Un proyecto orientado a la difusión del conocimiento escolar sobre ciencia. *Alambique : Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 52, 73–83. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Ana-Criado/publication/235955196\\_Investigar\\_para\\_aprender\\_aprender\\_para\\_enseñar\\_Un\\_proyecto\\_orientado\\_a\\_la\\_difusion\\_del\\_conocimiento\\_escolar\\_sobre\\_Ciencia/links/0c96052b2bbf447389000000/Investigar-para-aprender-aprende](https://www.researchgate.net/profile/Ana-Criado/publication/235955196_Investigar_para_aprender_aprender_para_enseñar_Un_proyecto_orientado_a_la_difusion_del_conocimiento_escolar_sobre_Ciencia/links/0c96052b2bbf447389000000/Investigar-para-aprender-aprende)
- Gray, N.F. (1996). Calidad del agua potable. Acribia. Zaragoza.
- Greemberg, A.F., Trusell, R.R. y Clesceri L.S. (1989). Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA-AWWA-WPCF. Washington, EEUU.
- Harlen, W. (2014). Helping children's development of inquiry skills. *Inquiry in Primary Science Education (IPSE)*, 1, 5–19.
- Instituto Nacional de Consumo. (1987). 100 Talleres de educación del consumo en la escuela. Instituto Nacional de Consumo. Madrid.
- Llitjós, A. y Sánchez-González, M.D. (1994). El agua. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- Llitjós, A., Morales, M.J. y Sánchez-González, M.D. (1998). Diseño de materiales curriculares para la Educación Ambiental: el sistema de la potabilización del agua, en *Didáctica de las Ciencias y Transversalidad* (Coordinación: JIMÉNEZ LOPÉZ, M.A.). Universidad de Málaga. Málaga.
- Margalef, R. (1983). Limnología. Omega. Barcelona.
- Martí, J., & Amat, A. (2017). La comunicación científica en la educación primaria. *Aula de Innovación Educativa*, 260, 12–16. Retrieved from <https://consejoescolar.educacion.navarra.es/web1/wp-content/uploads/2017/04/1131.pdf>
- Martín, A., Rodríguez, A. (1989). El agua y sus propiedades: análisis del proceso de emisión, verificación y modificación de hipótesis en niños de 10-11 años. Centro de Publicaciones del MEC. CIDE. Madrid.
- NALCO CHEMICAL COMPANY. (1993). Manual del Agua. McGrawHill. México.
- PIEDROLA GIL, G. y otros. (1994). Medicina preventiva y salud pública. Ediciones Científicas y Técnicas. Barcelona.
- Prieto, T., España, E., & Martín, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. In *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (Vol. 9).
- Quintanilla, M. Á. (2010). La ciencia y la cultura. *ArtefactoS*, 3(1), 31–48. Retrieved from <http://www.youtube>.
- Rodier, J. (1990). Análisis de Aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Omega. Barcelona.
- Sanz Merino, N., & López Cerezo, J. A. (2012). Cultura Científica para la educación. *Revista Iberoamericana de Educación*, 58, 35–59.