



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Máster Universitario en Formación del Profesorado de
Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación
Profesional y Enseñanzas de Idiomas

**“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de
Aprendizaje-Servicio para Física y Química
en 4º ESO sobre divulgación científica en
localidades rurales**

Trabajo fin de estudio presentado por:	Raquel Gutiérrez Díez
Tipo de trabajo:	Propuesta de intervención
Especialidad:	Física y Química
Director/a:	Alicia Palacios Ortega
Fecha:	2 de junio de 2021

Resumen

Este Trabajo Fin de Máster presenta una propuesta de intervención que implementa la metodología de Aprendizaje-Servicio (ApS) en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la materia de Física y Química de 4º ESO. Desde un enfoque interdisciplinar, los alumnos aprenden conceptos de Física y Química, y Biología y Geología a través de la realización de un servicio, concretamente, la preparación y ejecución de unas jornadas de divulgación científica en cinco pueblos de la Sobrariba. Este municipio, de la provincia de León, representa la despoblación y la escasez de actividades culturales en las regiones rurales. Con este servicio, los alumnos se comprometen en responder ante la necesidad social de falta de alfabetización científica y oportunidades de socialización en este contexto rural. En esta propuesta, la divulgación científica se convierte en una metodología activa, requiriendo de su contextualización en temáticas cotidianas y de interés para los destinatarios, por lo que se enfoca desde la ciencia en contexto. Este proyecto innovador, titulado "Ciencia en la Sobrariba", se divide en las fases del ApS. A su vez, la fase de diseño de la acción de servicio consta de tres actividades divulgativas, en las que los alumnos investigan para convertirse en expertos de las temáticas, aplicándolo posteriormente en la elaboración de los talleres. Además del aprendizaje significativo de contenidos, esta propuesta busca un desarrollo competencial, en especial, valores para la ciudadanía con el ApS, la competencia científica con la ciencia en contexto y la comunicación mediante la divulgación. En definitiva, el proyecto alcanza los principios del ApS: el contexto de despoblación rural es una oportunidad de aprendizaje, pues se conecta al alumnado con la realidad social y los conceptos científicos cobran sentido con la divulgación científica. Asimismo, se promueve la socialización entre los destinatarios, así como conocimientos para tomar decisiones responsables en situaciones con trasfondo científico.

Palabras clave: Aprendizaje-Servicio, divulgación científica, ciencia en contexto, 4º ESO, Física y Química.

Abstract

This Master's Degree Final Dissertation presents an intervention proposal, which implements the Service-Learning methodology (SL) in the teaching and learning process of the 4th school year of Secondary Education's Physics and Chemistry subject. From an interdisciplinary approach, students learn Physics and Chemistry as well as Biology and Geology concepts through the execution of a service, in particular, the preparation and implementation of science outreach courses in five villages in Sobrariba. This council, in León province, represents the depopulation and the lack of cultural activities in rural regions. Through this service, students commit themselves to respond to the social necessity, based on the shortage of scientific literacy and socialization opportunities in this rural context. In this proposal, scientific outreach is turned into an active methodology, requiring to contextualize it in receiver's every day and interesting topics, so it is focus on science in context. This innovator project, entitled "Science in Sobrariba", is divided in the SL phases. At the same time, the service action design phase consists of three outreach activities, in which students research in order to turn themselves into experts on the topics, which are subsequently applied to the workshop production. In addition to the significant content learning, this proposal aims the competences development, particularly, citizenship values through SL, scientific competence using science in context and communication skills by outreaching. In conclusion, this project achieves the SL principles: rural depopulation context is a learning opportunity, as students are connected to the social reality and scientific concepts get meaningful. Furthermore, receiver's socialization is promoted, as well as their scientific knowledge to take responsible decisions in scientific background situations.

Keywords: Service-Learning, scientific outreach, science in context, 4th ESO, Physics and Chemistry.

Índice de contenidos

1. Introducción	7
1.1. Justificación.....	7
1.2. Planteamiento del problema	9
1.3. Objetivos	11
1.3.1. Objetivo general	11
1.3.2. Objetivos específicos	11
2. Marco teórico	12
2.1. Metodología de Aprendizaje-Servicio (ApS)	12
2.1.1. ¿Qué es el ApS? Definición, origen, principios educativos y beneficios	12
2.1.2. Fases para implementar el ApS en una propuesta educativa	14
2.2. Divulgación científica	18
2.2.1. ¿Por qué los alumnos deben realizar divulgación científica?	18
2.2.2. Pautas y consejos para divulgar ciencia	19
2.2.3. Experiencias de ApS basadas en la divulgación científica	20
2.3. Ciencia en contexto	23
2.3.1. Ciencia en contexto para la competencia científica de la ciudadanía	23
2.3.2. Definición de ciencia en contexto y experiencias en el aula de ciencias	24
3. Propuesta de intervención	26
3.1. Presentación de la propuesta	26
3.2. Contextualización de la propuesta	26
3.3. Intervención en el aula	28
3.3.1. Objetivos.....	28
3.3.2. Competencias	29
3.3.3. Contenidos.....	31

3.3.4. Metodología	34
3.3.5. Cronograma y secuenciación de actividades	37
3.3.6. Recursos.....	57
3.3.7. Evaluación.....	58
3.4. Evaluación de la propuesta.....	60
4. Conclusiones.....	63
5. Limitaciones y prospectiva	65
Referencias bibliográficas.....	66
Anexo A. Objetivos curriculares de etapa	71
Anexo B. Detección de la necesidad social.....	73
Anexo C. Diseño de la acción de servicio: "control de plagas"	76
Anexo D. Diseño de la acción de servicio: "vacunas contra la Covid-19"	103
Anexo E. Diseño de la acción de servicio: "ahorro energético"	135
Anexo F. Ejecución de la acción de servicio: jornadas divulgativas	156
Anexo G. Reflexión final sobre el proyecto ApS.....	159
Anexo H. Sistematización y difusión de la acción de servicio	160
Anexo I. Instrumentos de evaluación del aprendizaje	162
Anexo J. Cuestionarios de evaluación de la propuesta	173

Índice de figuras

Figura 1. Autoevaluación de la propuesta de intervención 61

Índice de tablas

Tabla 1. Contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y objetivos	32
Tabla 2. Cronograma de la propuesta de intervención.....	38
Tabla 3. Descripción de la sesión de detección de la necesidad social	40
Tabla 4. Descripción de la sesión introductoria de la actividad “control de plagas”	41
Tabla 5. Descripción del proceso indagatorio de la actividad “control de plagas”	42
Tabla 6. Descripción del proceso de elaboración del taller “control de plagas”	43
Tabla 7. Descripción de la sesión de exposición del taller “control de plagas”	44
Tabla 8. Descripción de la sesión introductoria de la actividad “vacunas contra la Covid-19”	46
Tabla 9. Descripción del proceso indagatorio de la actividad “vacunas contra la Covid-19” ..	47
Tabla 10. Descripción del proceso de elaboración del taller “vacunas contra la Covid-19”....	48
Tabla 11. Descripción de la sesión de exposición del taller “vacunas contra la Covid-19”	50
Tabla 12. Descripción de la sesión introductoria de la actividad “ahorro energético”	51
Tabla 13. Descripción del proceso indagatorio de la actividad “ahorro energético”	52
Tabla 14. Descripción del proceso de elaboración del taller “ahorro energético”	53
Tabla 15. Descripción de la sesión de exposición del taller “ahorro energético”	55
Tabla 16. Descripción de la sesión de ejecución de la acción de servicio	55
Tabla 17. Descripción de la sesión de reflexión final sobre el proyecto ApS	56
Tabla 18. Recursos empleados en la propuesta de intervención.....	57
Tabla 19. Criterios de calificación del alumno.....	60

1. Introducción

La presente propuesta de intervención se desarrolla para la obtención del Trabajo de Fin de Estudios, del Máster en Formación del Profesorado, de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación profesional y Enseñanzas de idiomas, en la especialidad de Física y Química, de la Universidad Internacional de La Rioja. Esta propuesta se centra en la implementación de la metodología de Aprendizaje-Servicio y la enseñanza de la ciencia en contexto, con la finalidad de promover aprendizajes significativos, la alfabetización y la competencia científica, a la par que fomentar la educación en valores y para la ciudadanía. De este modo, se propone un proyecto de divulgación científica en localidades rurales, con escasa actividad cultural, llevado a cabo por los alumnos de Física y Química de 4º de ESO. En definitiva, se plantea la divulgación científica como una estrategia didáctica para trabajar activamente algunos de los contenidos curriculares de este curso.

1.1. Justificación

La sociedad compleja y cambiante del siglo XXI requiere de la aplicación de metodologías educativas innovadoras, en las que el alumno sea protagonista en el proceso de enseñanza-aprendizaje, llevando a cabo aprendizajes profundos, que podrá transferir a otros contextos a lo largo de su vida. De este conjunto de estrategias, se ha seleccionado la metodología de Aprendizaje-Servicio (ApS) para la presente propuesta, pues posee el siguiente elemento diferenciador respecto al resto: el alumno aprende a través de la realización de un servicio a la comunidad (López y Martín, 2020; Redondo, 2019). En otras palabras, el discente no solo es responsable de aquello que está aprendiendo, puesto que aplica los contenidos en la realización de un servicio, propiciando un sentido y una utilidad para él (Uruñuela, 2018), sino que también tiene un compromiso consciente y una participación activa en el cumplimiento de dicho servicio (Pérez y Ochoa, 2017). Por tanto, esta iniciativa en el alumno fomenta tanto su aprendizaje significativo de la materia, como la educación en valores (Martín et al., 2020), la conciencia de ciudadanía y, sobre todo, la capacidad para aplicar los conocimientos en la resolución de las necesidades de su entorno. En definitiva, esta propuesta pretende, a través del ApS, propiciar la formación para la vida, es decir, ciudadanos competentes que participan en la sociedad, con criterio argumentado y riguroso, buscando siempre transformar el mundo

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales en un lugar mejor para todos (Armisen et al., 2020). Adicionalmente, el servicio realizado responde a una necesidad detectada en la comunidad, por lo que la sociedad también se beneficia de estos proyectos. Por consiguiente, esta propuesta de intervención busca, con la metodología ApS, un impacto tanto formativo como de transformación social (Uruñuela, 2018).

Para la implementación de la metodología ApS, el primer paso es la detección de una necesidad en el entorno (Programa Nacional de Educación Solidaria, 2015; Uruñuela, 2018). En lo referente a la ciencia, el escaso nivel de alfabetización científica de la ciudadanía ha sido siempre un hecho, aunque ha sido especialmente evidente con la crisis sanitaria del coronavirus, con coberturas informativas sensacionalistas, contenidos falsos y bulos con apariencia científica, alarmismo social y opiniones públicas sin fundamento (López, 2020). En conclusión, la población española no dispone de los conocimientos científicos necesarios para desenvolverse en torno a problemas de su vida diaria, en una sociedad rodeada de ciencia. En este sentido, la divulgación científica ha sido una de las herramientas más potentes para promover la alfabetización científica de la ciudadanía (Olmedo, 2011). Sin embargo, programas de divulgación, como la Semana de la Ciencia en Castilla y León (<http://www.semanadelacienciacyl.es/>) o Expociencia (<https://expociencia.unileon.es/>), son dirigidos por Universidades, como la de León, y se han limitado a los campus universitarios y las ciudades. Asimismo, algunos centros escolares también han promovido semanas científicas, pero sin salir de sus instalaciones (Sahagún Digital, 2018). Consecuentemente, la autora de esta propuesta ha detectado una necesidad adicional en su localidad de procedencia, ubicada en una región rural de la provincia de León. Estos pueblos, marcados por la despoblación y el envejecimiento, suelen carecer de eventos sociales, en los que se proporcionen espacios para el encuentro y el aprendizaje. Ante esta situación, los Ayuntamientos rurales han fomentado cada vez más actividades durante los últimos años. Sin embargo, nunca se han llevado a cabo eventos de divulgación científica. Por ello, este trabajo plantea la propuesta “Divulgadores Rurales”, un proyecto ejecutado por alumnos de 4º de ESO de un centro educativo de la ciudad de León, desde la asignatura de Física y Química, para impartir sesiones de divulgación científica en las comarcas rurales periféricas, propiciando lugares, no solo para impulsar la alfabetización científica (Olmedo, 2011), sino también para

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

la socialización, la diversión, el aprendizaje y la estimulación mental. En definitiva, para mejorar la calidad de vida de la población rural.

Estas actividades de divulgación serán elaboradas por los alumnos en el aula, con la finalidad de trabajar activamente contenidos curriculares relacionados con la aplicación de conceptos físicos y químicos en la vida cotidiana y la sociedad. Por ello, el enfoque de enseñanza-aprendizaje de estos contenidos se fundamenta necesariamente en la denominada enseñanza en contexto, por la cual se emplean situaciones reales, cotidianas y próximas a los alumnos para dar sentido a los conceptos científicos aprendidos (Caamaño, 2018). Por tanto, el desarrollo de la divulgación científica, partiendo de la enseñanza en contexto, permite que los alumnos investiguen y perciban la utilidad y aplicabilidad de conceptos científicos, aparentemente abstractos, para transmitírselo luego a los espectadores de los eventos divulgativos (Muñoz et al., 2020). De este modo, la posibilidad para los alumnos de sentirse protagonistas en sesiones de divulgación de sus propios conocimientos, que han elaborado a través de su labor investigadora, es estimuladora en sí misma, puesto que observan el resultado y la trascendencia de sus esfuerzos. Aumenta así la motivación y el interés, generando aprendizajes académicos significativos, curiosidad científica, capacidad crítica, alfabetización científica, liderazgo, competencia comunicativa y compromiso social (Gavidia, 2005). En definitiva, se propicia un desarrollo integral del alumno.

1.2. Planteamiento del problema

El objetivo final del sistema educativo debe de ser siempre formar futuros ciudadanos responsables, preparados para responder, con espíritu crítico, a las necesidades de la sociedad. A este respecto, la sociedad actual ha cambiado radicalmente respecto a épocas anteriores, definida por la globalización y la multiculturalidad, pero también marcada por la rapidez, la inmediatez, el consumismo, el individualismo y la ambición, en un contexto tecnológico, cada vez más exigente y demandante (González, 2019). En consecuencia, estos cambios han desembocado en el planteamiento de nuevos retos educativos del siglo XXI, como educar para la paz y la convivencia entre culturas, el respeto al medio ambiente y, en especial, la educación para la ciudadanía global, es decir, el desarrollo de una conciencia planetaria (UNESCO, 2019). Este concepto se basa en la conciencia de los propios alumnos

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales sobre el impacto de su estilo de vida y sus acciones en el mundo, permitiéndoles tomar decisiones críticas y responsables, con criterio propio y fundamentado que busca el beneficio para la sociedad y el medio ambiente. En definitiva, esta idea general puede resumirse en la frase coloquialmente conocida de “aportar nuestro granito de arena para mejorar el mundo”. Para fomentar oportunidades y experiencias curriculares en las que los alumnos reflexionen sobre la huella de sus acciones, esta propuesta de intervención implementa la metodología de aprendizaje-servicio (Armisén et al., 2020). En este caso, los alumnos trabajan las necesidades reales de su entorno para mejorarlas, a través de la realización de un servicio a la comunidad, es decir, un proyecto de divulgación científica en zonas rurales, creando espacios de intercambio cultural y socialización en regiones en las que las actividades sociales son escasas. De esta forma, los alumnos aprenden a comprometerse y participar activamente como ciudadanos del mundo (Pérez y Ochoa, 2017).

Por otra parte, una grave preocupación a la que debe hacer frente el sistema educativo español es el bajo rendimiento académico de los alumnos en materias de índole científica. Concretamente, el informe del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) llevado a cabo, en 2018, por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) indica que los estudiantes españoles de 15 años obtuvieron una puntuación media en la competencia científica de 483 puntos (OECD, 2018; Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2018), siendo notablemente inferior a la media obtenida por los países pertenecientes a la OCDE (489 puntos) y a la Unión Europea (490 puntos). Profundizando en las causas, detrás de estas estadísticas subyace una actitud negativa de los alumnos hacia la ciencia y, particularmente, respecto a la asignatura de Física y Química. En definitiva, los estudiantes se sienten desmotivados y con falta de interés hacia la materia. Este hecho se debe a la concepción abstracta que tienen de las nociones científicas (Torres et al., 2018), puesto que no lo asocian con la vida real y, por tanto, no encuentran su aplicabilidad, ya que no responde a sus cuestiones, intereses o necesidades. Del mismo modo, esta actitud no solo influye en el rendimiento académico, sino también en la frecuente renuncia a continuar con una carrera científica, tanto académica como profesionalmente (Muñoz et al., 2020). Esta situación se atribuye principalmente a la implementación de procesos de enseñanza-aprendizaje tradicionales en el aula, en las que el alumno es un mero receptor de contenidos descontextualizados e inconexos con sus ideas previas. Consecuentemente, se hace patente

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

la necesidad de introducir metodologías didácticas innovadoras, en las que el alumno es un elemento protagonista y activo (Aguilera y Perales, 2017), como una experiencia de Aprendizaje-Servicio a través de la divulgación científica, empleando contenidos contextualizados y relacionados con la vida real. Por consiguiente, se busca una enseñanza de las ciencias que transciende el aula (Uruñuela, 2018), en la que los alumnos son conscientes de la importancia de la ciencia, generando así actitudes positivas, lo que predispone hacia aprendizajes significativos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta de intervención basada en el desarrollo de un proyecto de divulgación científica en zonas rurales, para la asignatura de Física y Química de 4º de ESO, mediante la implementación de la metodología de Aprendizaje-Servicio y la enseñanza de la ciencia en contexto.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar cómo desarrollar la educación en valores y para la ciudadanía en el aula de ciencias a través de la metodología de Aprendizaje-Servicio.
- Averiguar cómo promover la competencia comunicativa en el aula de ciencias y el aprendizaje significativo de la Física y la Química mediante la divulgación científica y la enseñanza de la ciencia en contexto.
- Planificar actividades de divulgación científica, basadas en la contextualización de los contenidos curriculares de Física y Química de 4º de ESO, para su realización en el aula.
- Programar la difusión del proyecto tanto a nivel de Ayuntamientos rurales como de concursos de divulgación científica.
- Evaluar la propuesta de intervención desarrollada a través del grado de consecución de los dinamismos de proyectos ApS.

2. Marco teórico

La finalidad del marco teórico es revisar las bases y fases de la metodología ApS, para su adecuada implementación en la propuesta de intervención. Asimismo, se analiza la divulgación científica como estrategia didáctica y sus pautas principales. También se describen experiencias reales de ApS basadas en la divulgación científica, que se considerarán para el desarrollo de la propuesta. Finalmente, se plantea la enseñanza en contexto como base de la divulgación científica, profundizando en criterios y experiencias, para el diseño de actividades.

2.1. Metodología de Aprendizaje-Servicio (ApS)

2.1.1. ¿Qué es el ApS? Definición, origen, principios educativos y beneficios

La metodología de Aprendizaje-Servicio (ApS) comúnmente se conoce como aprender haciendo un servicio a la comunidad (Red Española de Aprendizaje-Servicio, s. f.). No obstante, una definición más técnica es aportada por Puig (2011): una propuesta ApS es aquella actividad que combina dos procesos concretos, es decir, el servicio a la comunidad y el aprendizaje profundo de conocimientos, habilidades y valores, en un proyecto bien articulado. De este modo, los participantes aprenden a trabajar las necesidades reales de su entorno, con el objetivo de mejorarlo. En definitiva, unir el aprendizaje con el compromiso social.

Esta metodología activa tiene su origen en los trabajos del psicólogo norteamericano John Dewey, durante el primer tercio del siglo XX. Su programa de reforma social y educacional, con la máxima “aprender haciendo”, destacaba la existencia de demasiadas necesidades sociales, como para tener a los alumnos desconectados de su entorno, en un aula tradicional en la que solo tienen un papel receptivo de contenidos. Dewey creía en el “pensamiento reflexivo”, según el cual no es lo mismo saber algo que entenderlo, así como en el “aprendizaje recíproco”, en el que todos los miembros implicados en el proceso de enseñanza-aprendizaje realmente aprenden y se benefician (Giles y Eyler, 1994). Cabe destacar que el término inglés *Service-Learning* no apareció en la literatura hasta finales de los años 60, concretamente, en los trabajos de Robert Sigmon y Willian Ramsey, del *Southern Regional Education Board* de Estados Unidos, fundamentándose en el trabajo de Dewey. De estas tres ideas de Dewey surgen y se asientan los tres principios de filosofía educativa del ApS (Champagne, 2006):

1. Las necesidades sociales pueden convertirse en oportunidades de ApS para los estudiantes, conectándolos con la realidad de la sociedad, a la par que proporciona espacios excepcionales para el desarrollo académico y profesional.
2. Fomenta aprendizajes realmente significativos, al ser construidos en contextos reales, pues lo que se aprende adquiere un sentido útil y cultural.
3. Todos los miembros implicados en el ApS, es decir, alumnos, profesores y la comunidad, aprenden y se benefician unos de otros.

Actualmente, el ApS es considerado como una metodología activa que fomenta la educación integral demandada en el siglo XXI (López y Martín, 2020). Por una parte, mejora los resultados escolares y el éxito académico, pues plantea un proceso de enseñanza-aprendizaje en el que el alumnado desempeña un papel protagonista en su formación (Uruñuela, 2018). Además, refuerza la motivación, pues encuentran sentido a lo que estudian, al aplicar sus conocimientos y habilidades en un servicio solidario (Red Española de Aprendizaje-Servicio, s. f.). Por otro lado, el ApS educa para la vida y para la ciudadanía global, es decir, ciudadanos responsables y críticos, capaces de participar en asuntos públicos y de mejorar la sociedad (Armisén et al., 2020; Pérez y Ochoa, 2017; Redondo, 2019). Incluso, el ApS no solo forma futuros ciudadanos, sino que los alumnos ya son capaces actualmente de provocar cambios en su entorno, a través de un servicio (Red Española de Aprendizaje-Servicio, s. f.). Para ello, el ApS fomenta la educación en valores, como compromiso, responsabilidad, implicación, sensibilidad social, autoconocimiento, empoderamiento, abertura, colaboración, solidaridad, honestidad, organización, rigor o comprensión crítica (Martín et al., 2020). El ApS también fomenta las relaciones interpersonales, mejorando la convivencia, el clima del aula, los problemas de disciplina y las conductas disruptivas (Ochoa y Pérez, 2019). Asimismo, los centros escolares se abren al exterior, promoviendo el trabajo en red con personas ajenas, instituciones u organizaciones del entorno. De esta forma, la comunidad contribuye a que los alumnos aprendan de una verdadera experiencia educativa, acercando las aulas a la vida real (Puig, 2011). Además, el ApS no solo tiene ventajas para la formación del alumnado, sino que la comunidad también se beneficia del servicio solidario que reciben. Por último, otro aspecto realmente atractivo del ApS es su posible combinación con otras metodologías activas, como el aprendizaje por descubrimiento, el aula invertida o el trabajo cooperativo y colaborativo, enriqueciendo enormemente el proceso de enseñanza-aprendizaje (Mendia, 2016).

2.1.2. Fases para implementar el ApS en una propuesta educativa

Para el diseño de una verdadera propuesta de ApS, el profesor debe saber que el aprendizaje y el servicio no son dos realidades yuxtapuestas, es decir, dos procesos que fluyen por separado, con escasos lazos entre ellos. En cambio, constituyen dos procesos que forman parte de un mismo entramado, completamente articulados entre sí y ejecutados juntos. De este modo, ambos se retroalimentan, pues el servicio se perfecciona gracias al aprendizaje y el aprendizaje significativo se refuerza al practicar el servicio (Uruñuela, 2018). Por tanto, el profesor debe integrar completamente ambos procesos e incluso, que estén equilibradas. De lo contrario, puede caerse en el error de implementar otras metodologías que no sean un ApS. En este sentido, Pérez y Ochoa (2017) señalan que una propuesta se clasificaría como un "trabajo de campo" cuando el aprendizaje tiene más peso respecto al servicio o, al contrario, una acción de voluntariado cuando se le otorga una gran importancia al servicio solidario, mientras que el aprendizaje apenas lo tiene. Del mismo modo, acciones puntuales, como el día de la paz, tampoco son consideradas ApS, debido a su falta de continuidad en el tiempo.

Para evitar caer en estos errores y como en cualquier práctica innovadora, el diseño de una propuesta de ApS requiere de intencionalidad, es decir, el profesor quiere conseguir una transformación, tanto educativa como social. Esta es la verdadera diferencia entre un cambio espontáneo y aplicar una propuesta innovadora. A su vez, detrás de esta intencionalidad debe existir una rigurosa planificación, que integre plenamente el currículo educativo y las actividades de servicio a la comunidad (Mayor, 2019). Para llevar a cabo dicha planificación, el profesor debe aplicar las siguientes fases de diseño de un proyecto ApS bien articulado:

a) El punto de partida es la detección de una necesidad social, definida por Uruñuela (2018) como "carecer de los mínimos que una sociedad estima necesarios para tener una calidad de vida" (p. 33). Para un diagnóstico del entorno, en búsqueda de una necesidad social, debe lanzarse una mirada crítica y global, alejada del individualismo, que comprenda la actual complejidad social, cultural, económica y ambiental (Puig, 2011). Esta mirada crítica no solo la hace el profesor, sino que también la fomenta en sus alumnos. En otras palabras, no sirve con enunciar el problema, sino que el docente crea espacios donde los alumnos profundizan sobre una situación y extraen de ella su potencial. El objetivo principal es que los alumnos descubran por qué una situación de necesidad social debe ser erradicada, potenciando la adquisición de criterios de valoración y una actitud de compromiso social, necesarias para

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales formar un ciudadano responsable, crítico y solidario (Martín et al., 2020). Uruñuela (2018) distingue dos tipos de herramientas para fomentar la mirada crítica: para descubrir las necesidades, trabajando las emociones y los sentimientos, se utilizan listados de preguntas, análisis de prensa, debates o encuentros con ONG; para la comprensión de dichas necesidades, fomentando la empatía, se usan análisis de casos, testimonios, experiencias, simulaciones, novelas, cuentos, películas, reportajes, documentales o trabajos de investigación. Estas necesidades se relacionan con ámbitos de actuación como el medio ambiente, promoción de la salud, patrimonio cultural, intercambio generacional, ayuda próxima, cooperación internacional, campañas o participación ciudadana (Uruñuela, 2018).

b) El siguiente paso del ApS es el diseño de una acción de servicio. Uruñuela (2018) define el servicio como “la acción de respuesta que damos a la necesidad social que hemos detectado en el entorno” (p. 40). No es suficiente con que los alumnos tomen conciencia de una necesidad, sino que también proponen una solución y se comprometen en ejecutarla. Para diseñar una acción, Puig (2011) sugiere que la clase se pregunte: “¿qué podemos hacer para contribuir a solucionar el problema?” (p. 55). Se fomenta así la creatividad y espíritu crítico, proponiendo retos asequibles. Uruñuela (2018) destaca que una acción de servicio no puede ser improvisada, sino que es un trabajo de calidad, pues está destinado a personas. También debe ser aceptado por los alumnos de forma altruista, pues tienen que creer en la relevancia e impacto de su proyecto, ya que, de lo contrario, no estarán motivados. Por último, la acción de ApS tiene lugar en una relación de reciprocidad y gratitud entre alumnado y comunidad (Puig, 2011). Ambas partes reconocen salen beneficiadas (Puig, 2011) pues los destinatarios disfrutan de la acción y los alumnos aprenden de los destinatarios (Uruñuela, 2018).

Para una misma necesidad, se puede responder con variedad de acciones (Uruñuela, 2018). Por ejemplo, campañas de sensibilización, apoyo directo a personas con problemas de salud o recolecta de fondos, cuando la necesidad es la promoción de salud; promoción del ahorro energético, reducción de residuos o reforestación, para la preservación del medio ambiente; o prevención del acoso entre iguales, personas con problemas de soledad o inmigración, para aportar ayuda próxima a quienes lo necesiten. Asimismo, el diseño de una acción de servicio suele requerir del trabajo en red con asociaciones del entorno, facilitando el contacto con la realidad social en la que se desarrollará el servicio. En España, existen entidades sociales que trabajan con determinadas necesidades, como Cruz Roja, Asociación Española Contra el

Cáncer u otras ONG (Zerbikas Fundazioa, s. f.). La posibilidad de trabajar conjuntamente es beneficioso para ambas partes, ya que el profesorado recibe orientación, sugerencias, contactos para llegar a los destinatarios o compartir con las asociaciones el trabajo de los alumnos. Asimismo, se refuerza la actividad de las entidades, al contar con colaboradores que amplían su campo de actuación, así como mayor difusión y reconocimiento (Uruñuela, 2018).

En el diseño de la acción, el profesor debe vincular el servicio con aprendizajes académicos. Para ello, determina los objetivos, contenidos, competencias, habilidades y actitudes que los alumnos desarrollarán en el ApS, establecidos en el currículo educativo. Asimismo, el docente planifica la cronología, difusión, logística, contabilidad y recursos, tanto humanos como materiales (Programa Nacional de Educación Solidaria, 2015).

c) Tras la planificación previa, tiene lugar la fase de ejecución de la acción de servicio. El profesor monitoriza tiempos, espacios y tareas previstas, para una adecuada gestión. También realiza un seguimiento de los aprendizajes adquiridos por los alumnos, del servicio efectuado y de cuestiones operativas (Programa Nacional de Educación Solidaria, 2015). Por otra parte, los alumnos deben realizar un ejercicio constante de reflexión sobre la práctica. Este hecho implica generar espacios donde los alumnos valoren, examinen y profundicen sobre la propia experiencia, tomando conciencia de su papel en la transformación social. De esta forma, dotarán de significado personal y social a la acción que están realizando, motivándolos hacia una mejora continuada de su actuación (Mayor, 2019). De hecho, como menciona Uruñuela (2018), las dos caras de toda acción ApS son "aprender haciendo y hacer aprendiendo" (p. 51).

d) Por último, los alumnos no solo aprenden antes de iniciar la acción de servicio y durante su ejecución, sino también después de finalizar. Por ello, el profesor procura que los estudiantes den sentido al servicio realizado, evalúen el aprendizaje adquirido y cómo podrían optimizarlo. En consecuencia, se motivan para nuevos aprendizajes (Uruñuela, 2018).

e) La evaluación es compleja, ya que el ApS es una actividad multidimensional. Para ello, el docente debe preguntarse inicialmente "¿Con qué fin se realiza la evaluación?" o "¿A dónde lleva realmente la práctica evaluadora?". Se realizará así una recogida de información útil, que permita un verdadero análisis, reflexión y toma de decisiones (García y Ruiz, 2018). A su vez, la evaluación debe ser planificada y permanente a lo largo de todo el proceso de ApS. Por tanto, se realiza una primera evaluación del diseño de la acción de servicio. En ella, se considera si hay coherencia entre las actividades diseñadas y los objetivos, competencias,

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales contenidos, criterios de evaluación y estándares previstos. Asimismo, se evalúa si se han cumplido los requisitos de un proyecto ApS bien articulado: protagonismo de los alumnos, reconocimiento de las necesidades de la comunidad o planteamiento de un servicio solidario y recíproco (García y Ruiz, 2018; Programa Nacional de Educación Solidaria, 2015). La segunda evaluación es simultánea a la ejecución de la acción. Con la información recogida se reflexiona sobre los efectos de la acción del servicio en estudiantes y destinatarios, para valorar aciertos, corregir errores o realizar modificaciones. Igualmente, posibilita la monitorización de la planificación, respecto a objetivos, actividades, recursos y cronología previstos (García y Ruiz, 2018; Programa Nacional de Educación Solidaria, 2015). Por último, se realiza una tercera evaluación tras finalizar la acción de servicio. Por un lado, se evalúa el alcance de los objetivos didácticos, en relación con los contenidos, habilidades y actitudes adquiridos por los discentes. También se recomienda una autoevaluación y coevaluación de los alumnos en torno a la concienciación adquirida sobre los problemas sociales y cómo ellos pueden cambiar su entorno. En definitiva, conseguir un espacio de aprendizaje posterior a la acción (Uruñuela, 2018). Por otro lado, se evalúa la calidad del servicio realizado, considerando las vivencias y el impacto sobre alumnado y destinatarios y, en especial, si la acción de servicio ha contribuido realmente a mejorar la necesidad social. Se recomienda que las instituciones hagan una autoevaluación y coevaluación (García y Ruiz, 2018; Programa Nacional de Educación Solidaria, 2015). Se emplea variedad de instrumentos para estas evaluaciones, como diarios de campo, cuestionarios, entrevistas, rúbricas, portafolios o grupos de discusión (García y Ruiz, 2018). Por último, destacar la rúbrica de autoevaluación de experiencias de ApS, elaborada por Rubio et al. (2015), con la finalidad de que el docente haga un autodiagnóstico y optimice la buena práctica, como sinónimo de mejora de la calidad educativa (Mayor, 2019).

f) La última fase del ApS, como en cualquier proyecto innovador, es sistematizar y relatar la buena práctica, es decir, conservar la “historia” del proyecto y difundirla al resto de la comunidad educativa. Para ello, el docente se esfuerza en recolectar todos los datos posibles, desde la planificación, actividades, aciertos y errores, hasta vivencias y anécdotas, siendo posteriormente comunicadas a través de soportes multimedia. De hecho, el éxito final de la propuesta dependerá, en parte, de su difusión, pues no será así un proyecto puntual, sino que podrá ser adoptado y mejorado por otros docentes, avanzando así conjuntamente hacia la transformación educativa (Mayor, 2019; Programa Nacional de Educación Solidaria, 2015).

2.2. Divulgación científica

2.2.1. ¿Por qué los alumnos deben realizar divulgación científica?

La divulgación científica se define como “la publicación, extensión o puesta al alcance del público de la ciencia” (Seguí et al., 2015, p. 3). De este modo, se establecen puentes entre ciencia y sociedad, para mantener a la ciudadanía informada sobre los nuevos avances científicos, fomentando así la alfabetización científica (Olmedo, 2011).

Aunque la divulgación científica suele impartirse por científicos expertos, está ganando cada vez más aceptación en la educación. La mayoría de las investigaciones para la mejora de la calidad educativa se centran en el uso de publicaciones de periodismo científico, destinados a todos los públicos, como material de partida que contextualice conceptos académicos en la vida real, captando así el interés de los estudiantes (Galvão, et al., 2020). En este uso didáctico se profundiza en el apartado de ciencia en contexto. Por otra parte, muchos estudios resaltan que la potenciación de las capacidades divulgativas de los profesores, entendida como una práctica social y cultural, mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje, al lograr un acercamiento a los alumnos (Osborne, 2014). No obstante, esta propuesta se centra en una aplicación didáctica de la divulgación científica menos común, pero con un enorme potencial: los alumnos se convierten en divulgadores en ciencia. En estas propuestas didácticas, los alumnos elaboran y ponen en marcha principalmente talleres y exposiciones interactivas (Gavidia, 2005), aunque también son posibles otros formatos divulgativos, como artículos escritos, entrevistas, conferencias, charlas, debates, radio o televisión (Seguí et al., 2015), centrados en los contenidos establecidos en el currículo educativo. Con esta aplicación didáctica el alumno se convierte en el protagonista indiscutible, generando predisposición hacia el aprendizaje de los contenidos (Gavidia, 2005). Adicionalmente, no solo se fomenta la alfabetización científica entre los alumnos, sino también entre los destinatarios de la divulgación, a quienes contagian su interés por la ciencia (Olmedo, 2011).

Además del aprendizaje de contenidos y actitudes, el hecho de que los alumnos se enfrenten a la divulgación científica también fomenta habilidades como la comunicación. De hecho, aprenden a expresar sus ideas de ciencia a otros públicos, adaptando su vocabulario, expresiones y lenguaje corporal, además de ganar confianza en sí mismos (Tomat, 2020). A su vez, la comunicación es una habilidad altamente demandada para la consecución de objetivos,

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales en un mundo personal y laboral tan complejo y dinámico como el del siglo XXI. Por tanto, a través de esta estrategia comunicativa, los alumnos estarán más preparados y tendrán más oportunidades de desarrollo académico y profesional (Poncio et al., 2018).

2.2.2. Pautas y consejos para divulgar ciencia

Para divulgar ciencia adecuadamente, primero de todo hay que tener claro a quién se destina el discurso. En otras palabras, la forma de expresarse no es la misma para un congreso científico especializado, que para ciudadanos con escaso o nulo contacto con el estudio de la ciencia (Seguí et al., 2015). Dentro de la sociedad, los métodos comunicativos también difieren con la edad del público, es decir, un divulgador no se dirige igual a ciudadanos adultos que a niños de Educación Infantil y Primaria (Zaragoza y Fernández, 2020). A tal efecto, Osborne y Patterson (2010) distinguen entre argumentación y explicación. Argumentar es la práctica habitual del método científico de justificar un concepto o idea a partir de unos resultados obtenidos, empleando vocabulario técnico. En cambio, el objetivo de explicar no es justificar o convencer, sino que el destinatario comprenda dicho concepto o idea. Por tanto, la divulgación científica es explicar y, para ello, se utilizan canales, recursos y lenguaje acordes, para que el destinatario comprenda la idea transmitida (Seguí et al., 2015). Definitivamente, tanto científicos como estudiantes de ciencias están preparados para argumentar, pero divulgar requiere de esfuerzo y práctica comunicativa adicional (Poncio et al., 2018).

Dada esta diferencia, Seguí et al. (2015) propone multitud de pautas para transformar un discurso científico en divulgativo, en función del formato empleado. Dos formatos destacables en la presente propuesta de intervención son las charlas y los talleres. Una charla es una exposición o conferencia informal, realizada individualmente por el divulgador, donde el público interacciona mediante preguntas a lo largo de la misma. En un taller, el divulgador transmite la ciencia a través de experimentos o ejemplos prácticos, en los que el público constituye la parte activa. Puesto que, en charlas y talleres, el divulgador está presente ante un público general, que puede no tener formación previa, debe procurarse transmitir un mensaje entendible para cualquiera. Resumidamente, evitar figuras y lenguaje técnico, aunque siempre manteniendo el rigor científico. Asimismo, el acto comunicativo debe ser atractivo, apoyándose en presentaciones, material de laboratorio u otros objetos, así como relacionarse con noticias recientes o situaciones diarias. También debe emplearse un tono de

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

voz ameno, ser agradable y dirigirse al público en todo momento. Davies et al. (2019) sugiere la aplicación de prácticas culturales que generen sentimientos y emociones en el público, captando definitivamente su atención. Algunos ejemplos son las propias vivencias del divulgador, narrar historias significativas o experiencias emotivas para el público.

2.2.3. Experiencias de ApS basadas en la divulgación científica

En este apartado, se detallan varias experiencias ApS basadas en la divulgación científica, llevadas a cabo por universidades durante los últimos años. En primer lugar, se profundiza en un curso de divulgación de Química de la Universidad de Arizona (Tomat, 2020), titulado *Chemistry Discovery*. En él, se observan las fases de un proyecto bien articulado de ApS. En este curso de quince semanas, emprendido anualmente desde el año 2012, alumnos de grado y graduados desarrollan talleres de ámbito químico, destinados a colegios de la región. La Universidad ha detectado una necesidad social: la falta de alfabetización científica y de interés por la ciencia entre adolescentes. Diseñan así el curso, para que los discentes descubran la química en situaciones de su vida cotidiana. Los universitarios actúan como mentores en estos talleres, suponiendo una oportunidad de crecimiento personal y profesional. En definitiva, se benefician tanto universitarios como destinatarios (Uruñuela, 2018). Los participantes también deben realizar este diagnóstico del entorno y considerar cómo contribuir (Puig, 2011). Por ello, se explica el proyecto en la primera sesión, invitando a los participantes a expresar, en un debate, las causas y motivaciones que los han incitado a unirse al curso.

En el diseño de la acción, el reparto de la responsabilidad entre varios docentes, procedentes de diferentes áreas, enriquece el curso (Tomat, 2020). Respecto a los grupos de trabajo, la interacción entre miembros con diferentes experiencias y niveles académicos fomenta el aprendizaje colaborativo (Mendia, 2016). El curso también se vincula con objetivos competenciales, como la comprensión de química en situaciones de la vida diaria, integrar el método científico en los talleres o practicar las habilidades comunicativas. A su vez, este programa trabaja en red con centros de investigación, fundamentales en la difusión del curso. Aunque se parte de temáticas químicas generales, son los participantes los que diseñan los talleres, proporcionando novedad al curso en cada edición. Se aplica así la metodología de aprendizaje por descubrimiento (Mendia, 2016). Supone la etapa más crítica, debido al tiempo y el esfuerzo requeridos para pensar en un taller, en el que un concepto químico se divague

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

lo más efectivamente posible. Se añade la dificultad de restricciones de tiempo, seguridad, instalaciones y recursos. El profesor debe asegurarse de que los participantes dispondrán de los recursos necesarios. Los equipos construyen sus talleres, elaborando un guion. Se enfatiza usar un lenguaje adaptado a un público no especializado, sin olvidar el rigor científico. Finalmente, cada grupo ensaya su taller delante de sus compañeros, quienes identifican fuentes de confusión, perfeccionando sus talleres.

En la ejecución de la acción, los grupos presentan sus talleres a los alumnos de colegios, dando prioridad a aquellos con un estatus socioeconómico más reducido. Tras presentarse el programa, los invitados son divididos en grupos, rotando entre los talleres. Los profesores del curso se responsabilizan de la sincronización. En cada taller, es importante que los organizadores muestren sus intereses para conectar con los jóvenes, creándose un ambiente interactivo. Puesto que el nivel académico o el grado de participación puede variar, los equipos realizan cambios en la explicación para ajustarse a sus necesidades. Por último, los asistentes se congregan al finalizar la sesión, para debatir sobre la experiencia.

Respecto a la evaluación de los universitarios, se valora tanto su participación en el diseño del taller como en las sesiones de divulgación. Por último, Tomat (2020) evalúa la propuesta de ApS a través de la retroalimentación de participantes, con una autoevaluación y un debate sobre la experiencia, y destinatarios, mediante preguntas realizadas al final de la sesión. Los resultados reflejaron el desarrollo de las habilidades comunicativas de los universitarios, su autoconfianza y su capacidad para adaptarse a diferentes públicos. Asimismo, son conscientes de su papel en promover el interés por la ciencia. Las desventajas fueron el enorme esfuerzo y tiempo necesarios para diseñar actividades con muchas restricciones.

Previamente, LaRiviere et al. (2007) reportaron una experiencia de ApS sobre divulgación de química en colegios por parte de universitarios. Las fases del proyecto, sus beneficios y límites fueron similares a las descritas anteriormente. Destacar que, en la última sesión, posterior a los eventos de divulgación, los universitarios mostraron presentaciones multimedia con sus experiencias, previamente revisadas por sus profesores. Los ciudadanos de la comunidad fueron invitados a las presentaciones. El objetivo era la difusión final del programa.

Otra experiencia de ApS basada en la divulgación científica es el programa *PhUn*, desarrollado entre 2016 y 2019, por la Universidad Tecnológica de Michigan (Hendrickson et al., 2020). En este caso, se han detectado dos necesidades sociales. Por un lado, los colegios de regiones

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales rurales disponen de acceso reducido a recursos tecnológicos y actividades científicas, en comparación con las ciudades. Los alumnos tienen así menos oportunidades de descubrir su interés por carreras profesionales en ciencia y tecnología, altamente demandadas en el mercado laboral. Por otra parte, la escasez de profesionales de la salud en estas regiones rurales es alarmante, necesitando fomentar carreras como medicina o enfermería entre los jóvenes. En consecuencia, la universidad ha diseñado la *Physiology Understanding Week (PhUn)*, eventos en los que universitarios divultan sobre fisiología y biomecánica, destinado a colegios rurales. Los universitarios responden ante la necesidad, estimulando en los jóvenes la comprensión de la fisiología en sus vidas y fomentar vocaciones por carreras de la salud y la ciencia. Asimismo, supone una oportunidad de desarrollo profesional para los universitarios, al incrementar sus posibilidades laborales y mejorar sus habilidades de búsqueda de información y comunicación en público. En definitiva, tanto participantes como destinatarios se benefician de esta experiencia ApS (Uruñuela, 2018).

Respecto a las fases, primero se motiva a los universitarios con una charla sobre los beneficios de la comunicación. Los grupos elaboran talleres sobre la salud, asociados con los contenidos curriculares de sus grados, pero también adaptados a los estándares de los destinatarios (Merritt y Merritt, 2017). Profesores de la universidad guían la elaboración de aquellos talleres relacionados con su especialidad. Un coordinador gestiona la iniciativa, recursos y espacios, mientras que los gastos se costean con becas. Respecto a la ubicación, los alumnos de colegios cercanos se desplazan a la Universidad. En cambio, equipos de universitarios viajan a las regiones más alejadas. Los talleres implican la participación del alumnado, introduciéndolos en el método científico. A su vez, los universitarios pueden adaptar el grado de profundidad acorde a la audiencia. Para la evaluación del proyecto, se ha registrado el número de universitarios y profesores participantes, así como el de colegios y jóvenes asistentes. Los resultados indican que la participación se ha incrementado en cada edición, hasta lograr un programa robusto. Hendrickson et al. (2020) destacan que uno de los aspectos vitales para la continuación del programa ha sido la creación de cultura de divulgación científica, mediante su difusión en los blogs de departamentos, foros de noticias y la televisión local. No obstante, se menciona una limitación: aunque un evento de divulgación científica genera atracción por la ciencia en los jóvenes a corto plazo, mantener dicho interés de forma duradera es más difícil, constituyéndose como objetivo en futuras investigaciones.

Por último, una investigación de deKoven y Trumbull (2002) profundiza en los beneficios de las experiencias ApS de divulgación científica. Los alumnos divulgadores reportaron logro y realización, al hacer la ciencia más accesible y mejorar los estereotipos negativos sobre los científicos. Asimismo, la interacción con compañeros, realizando una actividad relacionada con sus estudios y diferente de lo habitual, incrementó su interés y la consideración sobre carreras profesionales. También notificaron mejoría en sus habilidades comunicativas, al esforzarse en divulgar contenidos científicos complejos, en un lenguaje que comprendieran los destinatarios, no acostumbrados a dichos temas. No obstante, se mencionaron obstáculos, como la falta de tiempo libre para dedicarse a la divulgación, resultando altamente demandante. Curiosamente, otra barrera fue la propia cultura académica tradicional de la universidad, es decir, la mentalidad de profesores de que la única tarea realmente importante de un alumno es estudiar, por lo que no consideraban la divulgación como una prioridad.

2.3. Ciencia en contexto

2.3.1. Ciencia en contexto para la competencia científica de la ciudadanía

Tanto Seguí et al. (2015) como Davies et al. (2019) sugieren la aplicación de temáticas relacionadas con la vida cotidiana del público para divulgar ciencia, con el objetivo de captar su atención y facilitar la comprensión de conceptos científicos abstractos. Por otra parte, uno de los objetivos de la metodología de ApS es la educación para la ciudadanía (Armisén et al., 2020; Pérez y Ochoa, 2017; Redondo, 2019). La competencia ciudadana tiene una dimensión científica, ya que la calidad de vida de la sociedad actual es fruto del conocimiento, avances e innovación en ciencia y tecnología (Domènech, 2017). En conjunción con los principios del ApS, Domènech (2017) destaca que un ciudadano competente no solo comprende conceptos científicos, sino también decide como consumidor y actúa, de modo directo o mediante la interlocución con la sociedad. En consecuencia, debe desarrollar la alfabetización científica para la competencia ciudadana de los alumnos, de modo que posteriormente ellos actúen, fomentándolo también en la sociedad, mediante la divulgación científica (Olmedo, 2011). Por tanto, una metodología para abordar tanto la divulgación científica como la competencia científica de la ciudadanía es la denominada ciencia en contexto (Domènech, 2017).

2.3.2. Definición de ciencia en contexto y experiencias en el aula de ciencias

La enseñanza contextualizada de la ciencia consiste en emplear situaciones reales, próximas y cotidianas del alumno para dar sentido a los conceptos científicos aprendidos, haciéndole ver la importancia, utilidad y aplicabilidad de los contenidos científicos en su vida. Desde el punto de vista teórico, la enseñanza en contexto se enmarca en el paradigma del aprendizaje situado, según el cual, para que se produzca la transferencia de conocimiento, el aprendizaje se tiene que desarrollar en un proceso activo del alumno y en un contexto auténtico (Camaño, 2018). Dentro de la ciencia en contexto, uno de sus enfoques es el denominado Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS). El enfoque CTS es una propuesta didáctica en la que se analizan las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología (Camaño, 2018), fomentando que el alumno pueda actuar como ciudadano en asuntos sociales de ámbito científico o tecnológico.

Para el diseño de unidades contextualizadas, Muñoz et al. (2020) señala que deben integrar las siguientes prácticas científicas: la argumentación, en la que el alumno aprende a dar respuesta a preguntas y problemas, de forma racional, teniendo en cuenta al receptor y la finalidad; la indagación, entendida como la capacidad para investigar científicamente, es decir, formularse cuestiones, diseñar procedimientos para encontrar respuestas, construir nuevo conocimiento y comunicarlo; la modelización, según la cual el alumno no solo aprende los modelos científicos, sino que también trabaja sobre ellos, los elabora y revisa, opina sobre los mismos y entiende su valor, utilidad, carácter cambiante y limitaciones.

En base a estas prácticas, Marchán y Sanmartí (2015) proponen los siguientes criterios para el diseño de unidades didácticas. En primer lugar, la selección de temáticas contextualizadas reales o verosímiles para ubicar el aprendizaje de conceptos científicos, teniendo en cuenta los intereses personales, sociales y vocacionales de los alumnos. Asimismo, la temática seleccionada debe presentarse de forma idónea, como salidas pedagógicas, experimentos, videos, narraciones, imágenes o noticias, entre otros. Al respecto, Domènech (2017) y Galvão, et al. (2020) proponen la lectura inicial de artículos de periódico o internet como hilo conductor de preguntas. Es importante que estas preguntas iniciales no tengan una respuesta obvia, sino que supongan un desafío, en el que el alumno reconozca que sus conocimientos actuales no son suficientes para abordarlas, lo que genera la necesidad de saber más ciencia para tener respuestas. Posteriormente, comienza la actividad indagatoria, en la que los alumnos son conscientes de que necesitan seguir el método científico para construir el nuevo

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales conocimiento. Para evitar la desmotivación a lo largo de la investigación, dada la cantidad de conceptos abstractos, una estrategia es continuar planteando preguntas contextualizadas a lo largo de su proceso de indagación. A su vez, estas preguntas sirven de guía para orientar a los alumnos en la consecución de los objetivos establecidos. Es importante que estas secuencias didácticas de preguntas e indagación permitan al estudiante la construcción de modelos científicos con ideas interrelacionadas, de modo que no solo resuelvan el contexto planteado, sino que también pueda transferirlo a otras situaciones. En base a estos criterios, Marchán y Sanmartí (2015) proponen la siguiente secuencia de preguntas para trabajar el modelo atómico, partiendo del contexto de la radiación en problemas medioambientales y el tratamiento de enfermedades. La pregunta inicial planteada es “¿de dónde salen y cómo son las radiaciones que curan?”, con la que los alumnos investigan la estructura del núcleo y su desintegración. A lo largo de su proceso indagatorio, otras preguntas planteadas son “¿qué sustancias naturales son radiactivas?”, “¿cómo se puede saber la antigüedad de una muestra arqueológica?”, “¿cómo se genera la energía en una central nuclear?” o “¿cómo emiten luz las sustancias que forman los fuegos artificiales?” con las que investigan el número atómico y másico, los elementos de la tabla periódica, la energía nuclear o la ionización.

Álvarez et al (2010) documentaron una propuesta de enseñanza en contexto y, en concreto, del enfoque CTS, para el aprendizaje de las reacciones químicas, en institutos de Galicia. El contexto de partida fueron noticias del accidente marítimo de un carguero en la Costa de la Muerte, en el año 1987, suponiendo un desastre ecológico y generando alarma social. Este barco transportaba sodio, dando lugar a explosiones en el mar y nubes de gas ardientes. Partiendo de este contexto, se plantearon preguntas relacionadas con las propiedades químicas del grupo del sodio en la tabla periódica, la diferencia entre reacciones endotérmicas y exotérmicas o la espontaneidad de las reacciones químicas. Los alumnos investigaron para responderlas, buscando información en fuentes rigurosas y realizando experimentos basados en la reacción del sodio con el agua, la combustión del hidrógeno o valoraciones ácido-base. Álvarez et al (2010) destacan que consiguieron sorprender al alumnado, captando así su atención. Después, aprovecharon este interés para profundizar en conocimientos teóricos.

A pesar de estos criterios, Moraga et al. (2018) advierte de la dificultad del profesorado en conectar conceptos teóricos con contextos que capten la atención del alumnado de forma efectiva, así como en diseñar propuestas de indagación asociadas a dichos contextos.

3. Propuesta de intervención

3.1. Presentación de la propuesta

La presente propuesta de intervención es un proyecto innovador titulado "Ciencia en la Sobrariba", enmarcado dentro de la metodología ApS. Los alumnos de Física y Química de 4º de ESO, de un instituto público de la ciudad de León, detectan y responden ante una preocupante y actual necesidad social: la deficiente alfabetización científica y, en especial, la escasez de actividades culturales y oportunidades de socialización en localidades rurales de provincia, como consecuencia de la despoblación y el envejecimiento. Concretamente, esta propuesta se contextualiza en el Ayuntamiento de Valdefresno, tradicionalmente conocido como la Sobrariba (<http://www.aytovaldefresno.es/>). Este municipio de veinte pueblos, con una media de 100 habitantes, es limítrofe a la capital.

Aplicando las fases del ApS, los alumnos diseñan y ejecutan una acción de servicio, es decir, jornadas de divulgación científica en localidades rurales. El diseño, elaboración y puesta en marcha de actividades de divulgación científica se convierte en una metodología didáctica, en la que los alumnos aprenden activa y autónomamente contenidos de la materia de Física y Química. Además, se fomenta el trabajo competencial, destacando la educación para ciudadanía, la competencia científica y las habilidades comunitarias. Por tanto, esta propuesta busca proporcionar una educación integral.

A su vez, las actividades de divulgación se inspiran en la ciencia en contexto. Las temáticas de divulgación seleccionadas permiten la contextualización de conceptos científicos en situaciones de la vida cotidiana del público. De este modo, los alumnos dotan de significado a los contenidos de Física y Química. Mientras tanto, los destinatarios aprenden conocimientos útiles para tomar decisiones responsables en situaciones con trasfondo científico.

3.2. Contextualización de la propuesta

El centro educativo en el que se contextualiza la propuesta de intervención es un Instituto público de Educación Secundaria, ubicado en la ciudad de León, concretamente, en un barrio periférico llamado Polígono X. Este IES oferta todas las etapas y modalidades de ESO y Bachillerato. Con más de 700 alumnos escolarizados, un 75% residen en el Polígono X, un 5%

“Ciencia en la Sobarriba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales en otros barrios de León y un 20% en zonas rurales próximas, como los 20 pueblos del Ayuntamiento de Valdefresno. En cuanto al contexto, los padres que viven en la ciudad trabajan en empresas o como funcionarios, con un nivel económico y cultural medio. A su vez, la mayoría proceden de los pueblos mencionados e incluso familiares cercanos y, en especial, los abuelos, residen en ellos. En consecuencia, en padres e hijos existe un alto sentimiento de pertenencia y fidelidad a las localidades rurales, visitándolas durante fines de semana y en verano. Respecto a las familias residentes en los pueblos, los padres se dedican a la actividad agrícola y ganadera de la zona, con un nivel socio-económico y cultural medio-bajo. En cualquier caso, los padres se preocupan por la educación de sus hijos, proporcionándoles todos los recursos necesarios. De hecho, prácticamente la totalidad del alumnado tiene ordenador y conexión a internet en sus hogares, incluidos los habitantes de áreas rurales. A su vez, este IES siempre ha destacado por la excelencia y la calidad educativa. Cuenta con múltiples instalaciones, como conexión a internet, ordenador con proyector en todas las aulas, portátiles y tabletas, laboratorio de ciencias, salas de reuniones, biblioteca o autobús escolar. Asimismo, ha implementado metodologías innovadoras, estimulado la formación permanente de su profesorado y fomentado la participación del entorno en la educación del alumnado.

Se ha detectado una necesidad social en la comunidad: la escasa alfabetización científica y las oportunidades de socialización en las zonas rurales, cada vez más despobladas y envejecidas. Por ello, se ha diseñado una propuesta educativa de divulgación científica en pueblos del Ayuntamiento de Valdefresno, denominado “Ciencia en la Sobarriba”, basada en la implementación de la metodología ApS, para la materia de Física y Química, en el aula de 4º ESO de la opción de Enseñanzas Académicas. Este grupo consta de 24 alumnos (13 chicas y 11 chicos), en un clima de convivencia y compañerismo, acostumbrados a trabajar con las TIC y metodologías activas, resultados académicos adecuados, predisposición hacia el aprendizaje e interés por la ciencia. Respecto a atención a la diversidad, aunque se observan diferentes ritmos de aprendizaje, no hay alumnado con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo.

El diseño de la propuesta de intervención “Ciencia en la Sobarriba” se elabora acorde a lo establecido en la Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. Esta orden autonómica constituye una concreción de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, modificada por la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales diciembre, para la mejora de la calidad educativa. A su vez, su elaboración es conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

3.3. Intervención en el aula

3.3.1. Objetivos

Esta propuesta se diseña en base a [diez objetivos curriculares de etapa](#), citados en el Anexo A, de los descritos en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

Respecto a los objetivos curriculares para la asignatura de Física y Química, el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, establece que la materia de Física y Química adquiere un carácter formal en el segundo ciclo de la ESO. Se enfoca a dotar al alumno de las capacidades específicas asociadas a la disciplina y sentar las bases de los contenidos, que en primero de Bachillerato recibirán un enfoque más académico.

Partiendo de los objetivos de etapa y de materia, la totalidad del alumnado debe alcanzar los siguientes objetivos específicos didácticos en esta propuesta de intervención:

- OD1. Capacitarse como ciudadanos críticos que detectan necesidades en la realidad social y se comprometen en aplicar soluciones responsables.
- OD2. Aprender conocimientos autónomamente a través de la investigación y aplicarlos en la elaboración y ejecución de un taller divulgativo.
- OD3. Mostrar actitud de iniciativa, proactividad y trabajo en equipo en la elaboración y ejecución de un taller divulgativo y de tolerancia a la opinión y la diversidad cultural.
- OD4. Fomentar oportunidades de socialización y la alfabetización científica en los ciudadanos de la Sobrariba, para que tomen decisiones más responsables en actividades cotidianas de trasfondo científico.
- OD5. Reflexionar sobre el propio aprendizaje, el trabajo en equipo y las jornadas divulgativas, como base de optimización.
- OD6. Buscar, seleccionar y procesar información, en múltiples fuentes y formatos, así como expresarla por escrito de forma argumentada, clara y ordenada.

- OD7. Comunicar ciencia oralmente a un público no especializado de forma eficiente y crear material divulgativo de apoyo mediante herramientas digitales de diseño gráfico.
- OD8. Identificar grupos funcionales, compuestos orgánicos, enlaces químicos e interacciones intermoleculares en principios activos fitosanitarios y en biomoléculas.
- OD9. Interpretar el significado de pictogramas e indicadores de seguridad química.
- OD10. Comprender la importancia de las vacunas y su mecanismo en la activación del sistema inmune, así como su relación con las fases de expresión de la información genética.
- OD11. Reconocer el impacto del cambio climático y la necesidad de tomar medidas urgentes respecto a la reducción en la emisión de gases contaminantes y agricultura sostenible.
- OD12. Relacionar conceptos físicos de energía, trabajo y calor con sus definiciones.
- OD13. Describir y ser consciente de la importancia de las fases del método científico, como base para generar conocimiento riguroso.

Los siguientes objetivos específicos didácticos son trabajados concretamente por cada grupo de alumnos, en función de la actividad divulgativa que desarrollen:

- OD14. Describir la Gestión Integrada de Plagas (GIP) y sus fases, como estrategia legislada para implementar la agricultura sostenible.
- OD15. Explicar las fases de la investigación y desarrollo de una vacuna, como base de garantía, eficacia y seguridad.
- OD16. Profundizar en el ahorro energético a través de conceptos de energía, trabajo y calor.

3.3.2. Competencias

La propuesta de intervención muestra un enfoque de trabajo competencial. Según la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato, se trabajan las siete competencias clave en el proyecto:

- Competencia en comunicación lingüística (CCL): durante la actividad indagatoria, se desarrolla la comprensión oral y escrita de textos, videos o audios. Esta documentación muestra diferentes registros lingüísticos, como académico, legislativo, periodístico o informal, por lo que los alumnos conocen diversidad de vocabulario y gramática, así como las funciones del lenguaje en función del contexto. Recopilan y procesan la información para expresarse por

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales escrito en respuestas publicadas. Un objetivo clave es fomentar las habilidades comunicativas, ya que deben expresar los conocimientos científicos adquiridos a un público no especializado, adaptando un vocabulario técnico a expresiones comprensibles, además de su lenguaje corporal. También escuchan con atención a compañeros, durante lluvias de ideas, debates o talleres, y a destinatarios en los talleres, aportando una retroalimentación adaptada.

- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT): su desarrollo es implícito al aprendizaje de contenidos académicos de Física y Química y Biología y Geología, pues la propuesta tiene un enfoque interdisciplinar. Asimismo, la aplicación de los contenidos en la preparación de talleres divulgativos, sobre temáticas de interés general, fomenta la competencia científica para la ciudadanía. Es decir, la aplicación de conocimientos científicos en múltiples contextos, la capacidad para decidir y emitir juicios críticos en torno a situaciones cotidianas relacionadas con la ciencia y fomentar el conocimiento científico en la sociedad. En consecuencia, se crean actitudes positivas hacia la ciencia, pues los alumnos son conscientes del impacto del conocimiento científico en la calidad de vida de la sociedad actual.

- Competencia digital (CD): la variedad de recursos digitales empleados en el diseño de las actividades divulgativas busca que el alumno aprenda de forma autónoma en un entorno digital. En este sentido, se fomenta un uso responsable de las redes sociales, pues la plataforma Teams constituye el principal escenario de interacción. Dada la cantidad abrumadora de información disponible en la web, los alumnos aprenden a localizar datos y analizar la fiabilidad de múltiples fuentes, como revistas científicas, periódicos, blogs o instituciones oficiales, así como el consumo crítico de los medios de masas, como la televisión. Asimismo, se estimula el uso razonable de material en múltiples lenguajes audiovisuales, como videos, podcast, cuestionarios digitales, simulaciones virtuales interactivas, juegos, videoconferencias e incluso, su producción mediante programas como Canva o GoConqr.

- Competencia para aprender a aprender (CPAA): a través de la aplicación de metodologías activas, como el ApS, divulgación científica, ciencia en contexto, aprendizaje basado en juegos o aula invertida, el alumno es protagonista de su propio aprendizaje. De este modo, es consciente de lo que sabe y desconoce sobre contenidos y habilidades necesarios para sus talleres. En consecuencia, se genera motivación, curiosidad e interés por aprender, por lo que planifica estrategias para adquirir dichos conocimientos y aplicarlos en la elaboración de su actividad divulgativa. A través de la autoevaluación y la coevaluación, el alumno también evalúa el resultado de su proceso de aprendizaje.

- Competencias sociales y cívicas (CSC): con la metodología ApS se educa para la ciudadanía, es decir, ciudadanos críticos que toman decisiones responsables para mejorar la sociedad. A través de las fases del ApS, los alumnos no solo son capaces de detectar una necesidad social en su entorno, sino que también proponen soluciones y se comprometen en llevarlas a cabo. En otras palabras, comprenden la dimensión cultural y socioeconómica de las regiones rurales, manifiestan solidaridad e interés por su situación de despoblación y toman decisiones para promover la alfabetización científica y la socialización. Por otra parte, el trabajo en equipo, las lluvias de ideas o los debates entre compañeros, así como la interacción con los destinatarios en las jornadas divulgativas fomentan la tolerancia a las diferencias interpersonales, comunicarse constructivamente y participar en decisiones democráticas.

- Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (SIE): mediante la elaboración y ejecución de talleres divulgativos, los alumnos aprenden a planificarse, gestionarse, adaptarse a cambios o superar obstáculos. Se estimula la negociación en el consenso de los talleres y la evaluación de las jornadas. Por tanto, se fomentan habilidades y actitudes como la iniciativa, interés, proactividad y trabajo en equipo. Cobra relevancia el desarrollo de la autoestima, pues los alumnos observan que sus esfuerzos culminan en unas jornadas divulgativas.

- Conciencia y expresiones culturales (CEC): a través de la detección de la necesidad social y la ejecución de la acción de servicio, los alumnos valoran la evolución de las tradiciones culturales de la Sobrariba a lo largo del siglo XX. Por ejemplo, consideran las casas antiguas construidas con adobe o tapial como una manifestación de la herencia cultural. Con la visita pedagógica a una empresa biotecnológica de la ciudad de León, identifican el impacto de la industria farmacéutica, en continua expansión durante las últimas décadas, en el contexto social y laboral de la región. Mediante la identificación del cierre de centrales térmicas por medidas estatales frente al cambio climático, son conscientes del impacto socioeconómico del fin de la industria minera en la montaña leonesa y palentina. Por otra parte, aprenden a expresarse artísticamente en la creación de representaciones, infografías o mapas mentales para sus talleres divulgativos, de forma que su estética capte la atención de los destinatarios.

3.3.3. Contenidos

Se han diseñado los siguientes contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje, asociados con los objetivos específicos didácticos, mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y objetivos

CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE	OBJETIVOS
Proyecto de divulgación científica.	C1. Convertirse en un experto en la temática de divulgación científica.	E1.1. Aprende autónomamente a través de la indagación. E1.2. Busca y selecciona información en fuentes contrastadas y diferentes formatos. E1.3. Expresa sus conocimientos por escrito, de forma argumentada, clara y ordenada.	OD2 OD3 OD6
	C2. Aplicar los conocimientos adquiridos en la elaboración del taller de divulgación científica.	E2.1. Aplica los conocimientos adquiridos en la elaboración del taller de divulgación. E2.2. Se comunica oralmente con soltura, adaptando su lenguaje a un público no especializado en ciencia. E2.3. Emplea herramientas digitales de diseño gráfico en la elaboración de material de apoyo, estéticamente atractivo y que facilita la comprensión. E2.4. Toma la iniciativa en el diseño, reparto de tareas y elaboración del taller y se anticipa a preguntas o intereses que puedan tener los futuros destinatarios. E2.5. Trabajar en equipo con el resto de miembros y respeta sus opiniones.	OD2 OD3 OD7
	C3. Desarrollar la competencia para la ciudadanía, en particular, en el ámbito científico.	E3.1. Es consciente de la escasa alfabetización científica y de falta de oportunidades de socialización en la Sobrariba. E3.2. Muestra interés en fomentar la cultura científica y la socialización en los futuros destinatarios de la Sobrariba. E3.3. Reconoce la necesidad de informarse en fuentes rigurosas y fiables para tomar decisiones responsables de trasfondo científico. E3.4. Ejecuta jornadas de divulgación científica en los pueblos de la Sobrariba.	OD1 OD3 OD4 OD5 OD7
	C4. Definir la GIP, identificar su base normativa, clasificar sus fases y describir el procedimiento a seguir en cada una de ellas.	E4.1. Define el concepto de la GIP y reconoce su importancia en la agricultura sostenible. E4.2. Relaciona las funciones legislativas de una Directiva y un Real Decreto. E4.3. Clasifica las fases de la GIP y describe el procedimiento a seguir en cada una de ellas, según lo establecido en la página web oficial del Ministerio Oficial de Agricultura, Pesca y Alimentación.	OD11 OD14
	C5. Conocer las plagas y cultivos afectados en la Sobrariba.	E5.1. Enumera las plagas y cultivos afectados más comunes en la Sobrariba. E5.2. Clasifica plagas comunes de la Sobrariba según los reinos de seres vivos y aplica la nomenclatura taxonómica.	OD14
	C6. Detectar las medidas de seguridad de un producto químico fitosanitario.	E6.1. Interpreta pictogramas e indicadores de seguridad en la ficha oficial de un producto químico fitosanitario. E6.2. Enumera los Equipos de Protección Individual para la aplicación y almacenamiento de un producto químico fitosanitario.	OD9
	C7. Reconocer los grupos funcionales de principios activos orgánicos, en productos fitosanitarios.	E7.1. Reconoce el grupo funcional y la familia orgánica a partir de la fórmula desarrollada de principios activos orgánicos, presentes en productos químicos fitosanitarios: hidrocarburos, derivados halogenados, éteres, alcoholes, fenoles, aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres, aminas, amidas y nitrilos.	OD8
Gestión Integrada de Plagas (GIP).			

CONTE-NIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE	OBJE-TIVOS
Biomoléculas.	C8. Conocer la composición química y la función de hidratos de carbono, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.	E8.1. Conoce la composición química y la función de hidratos de carbono y lípidos. E8.2. Enumera los 20 aminoácidos e identifica sus grupos funcionales orgánicos. E8.3. Describe la estructura de los nucleótidos, enumera los tipos de pentosa y bases nitrogenadas y compara las diferencias entre nucleótidos de ADN y ARN. E8.4. Reconoce el enlace peptídico y el enlace fosfodiéster como enlaces covalentes. E8.5. Distingue los puentes disulfuro y las interacciones intermoleculares, responsables de la doble cadena de ADN y del plegamiento de las proteínas.	OD8
Vacunas.	C9. Comprender el mecanismo de actuación de las vacunas.	E9.1. Comprende la función de proteínas como anticuerpos. E9.2. Describe la importancia y el papel de las vacunas en la respuesta inmunitaria específica. E9.3. Relaciona el proceso de expresión de la información genética con el mecanismo de las vacunas ADN Y ARN. E9.4. Enumera las enfermedades infecciosas frente a las que se vacuna en España.	OD10
	C10. Explicar las fases de investigación y desarrollo de una vacuna.	E10.1. Explica las fases de investigación y desarrollo de una vacuna. E10.2 Reconoce la obligatoriedad de las Normas de Correcta Fabricación y la trazabilidad documental para asegurar la calidad y seguridad de una vacuna.	OD15
Ahorro energético.	C11. Ser consciente de la repercusión del cambio climático y de la necesidad de tomar medidas urgentes.	E11.1. Es consciente de la repercusión del cambio climático. E11.2. Analiza el cierre de las centrales térmicas como medida estatal para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. E11.3. Busca medidas de ahorro energético en el hogar.	OD11
	C12. Comprende conceptos físicos de energía, trabajo y calor y aplicarlos en el ahorro energético.	E12.1. Establece relaciones entre las magnitudes de energía, calor, trabajo y potencia con sus unidades, utilizando preferentemente el Sistema Internacional de Unidades. E12.2. Comprende el concepto de energía y la transformación entre tipos de energía mediante una máquina que realiza un trabajo o potencia. E12.3. Aplica el concepto de potencia en la interpretación de una factura de la luz. E12.4. Identifica máquinas en el hogar, su consumo energético y medidas para un uso más eficiente de ellas. E12.5. Compara el antiguo y el nuevo etiquetado energético de electrodomésticos. E12.6. Analiza los mecanismos de propagación del calor en el hogar.	OD12 OD16
	C13. Aplicar el método científico para comparar las propiedades conductoras de la piedra y el adobe.	E13.1. Reconoce el impacto cultural del uso del adobe como material aislante de construcción en la Sobrariba. E13.2. Busca un experimento para comparar propiedades conductoras de materiales. E13.3. Aplica y es consciente de la importancia de las fases del método científico para generar conocimiento.	OD13

Los contenidos, criterios y estándares han sido diseñados desde un enfoque interdisciplinar, partiendo del currículo establecido para las materias de Física y Química y Biología y Geología, por el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato y la Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.

3.3.4. Metodología

El eje central del proyecto "Ciencia en la Sobrariba" es la metodología de ApS. Los alumnos trabajan de forma competencial y aprenden activamente contenidos de Física y Química, a través del diseño y ejecución de la acción de servicio, es decir, actividades de divulgación científica en localidades rurales. Puesto que un principio de esta metodología es que el aprendizaje y el servicio tengan el mismo peso, la propuesta se estructura en las fases del ApS.

En la sesión inicial, se procede con la primera fase del ApS, es decir, la detección de la necesidad social. Con el análisis crítico de un documental sobre las tradiciones de la Sobrariba, los alumnos son conscientes de la despoblación en regiones rurales. En consecuencia, se han reducido drásticamente sus costumbres, oportunidades de socialización y actividades culturales, incluyendo las de ámbito científico. Desde la materia de Física y Química, los alumnos extraen el potencial de esta situación, reflexionando sobre su contribución a mejorarla. El objetivo es tomar conciencia de su papel y comprometerse en ejecutar unas jornadas de divulgación científica, fomentando la alfabetización científica y la socialización en localidades rurales. Se trabajan los valores para ciudadanía, es decir, alumnos que toman decisiones responsables y se comprometen en llevarlas a cabo para mejorar la sociedad.

La siguiente fase del ApS es el diseño de la acción de servicio, es decir, la preparación de tres actividades divulgativas. La divulgación de ciencia por los alumnos se convierte en una metodología didáctica, pues son protagonistas de su propio aprendizaje a través del trabajo activo y autónomo en su diseño. Se desarrollan todas las competencias clave, propiciando una educación integral, con una descripción detallada en el apartado 3.3.2. "competencias". Partiendo de la ciencia en contexto, las temáticas seleccionadas para las actividades de divulgación son "control de plagas", "vacunas contra la Covid-19" y "ahorro energético". Estas

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales temáticas contextualizan contenidos de Física y Química y Biología y Geología, desde un enfoque interdisciplinar. Los alumnos dotan así de sentido y aprenden significativamente los conceptos, pues los extrapolan a la divulgación científica. Estas temáticas también se relacionan con la vida cotidiana de los destinatarios de las localidades rurales, adaptándose a su nivel cultural y captando su atención. De hecho, una finalidad clave es fomentar la alfabetización científica. Si los destinatarios disponen de los conocimientos científicos necesarios, en torno a situaciones de su vida cotidiana con trasfondo físico, químico o biológico, tomarán decisiones más críticas y fundamentadas, en beneficio de ellos mismos, la sociedad y el medio ambiente.

La estructura del diseño de las tres actividades divulgativas es idéntica. Cada actividad comienza con la sesión introductoria con el grupo, en el aula. Usando material divulgativo, se conciencia al alumnado de la relevancia actual de la temática, fomentando la motivación en su posterior participación en las actividades. Asimismo, se identifican sus ideas previas, a través de sus aportaciones orales, un debate o lluvias de ideas, con diferentes agrupaciones.

Tres equipos de ocho alumnos se encargan de cada actividad. Cada grupo se divide en cuatro subgrupos de dos alumnos, que trabajan juntos a lo largo del diseño. El profesor se encarga de formar los grupos y subgrupos, con el objetivo de que exista diversidad en el alumnado con diferentes capacidades, como habilidad en matemáticas, búsqueda de información, síntesis de datos, creatividad o comunicación. Se fomentará el aprendizaje colaborativo, ya que los alumnos trabajan en grupo por desarrollar un proyecto común, sin la exigencia explícita de facilitar o interesarse por el aprendizaje de los compañeros. A través de tres grupos creados en la plataforma de comunicación Teams, el profesor y los equipos se comunican utilizando el chat. El profesor comienza con un mensaje de bienvenida, en el que se describen las fases de la actividad, los criterios de calificación y los instrumentos de evaluación. La finalidad es orientar en la consecución del objetivo final y que conozcan qué se espera de ellos.

Seguidamente, comienza el proceso indagatorio. Durante tres semanas, los alumnos aprenden los conocimientos necesarios para la posterior elaboración de su taller divulgativo. Para ello, se han preparado dos listas de diez y una de nueve preguntas contextualizadas, que el profesor publicará periódicamente en el equipo correspondiente de Teams. Aplicando las bases de la ciencia en contexto, estas preguntas profundizan progresivamente en la temática, manteniendo el interés y guiando a los alumnos en su actividad indagatoria. Para responder a

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

cada pregunta, los alumnos tendrán la necesidad de buscar información en variedad de fuentes online fiables y fidedignas, así como en múltiples formatos de texto, video y audio. Cada subgrupo investiga y publica una respuesta. A su vez, se han preparado respuestas modelo para las preguntas, como base para corregir las intervenciones de los subgrupos, completar, aportar sugerencias o indicar páginas web para ampliar información. Con la finalidad de atender a la diversidad del alumnado en sus ritmos de aprendizaje, esta lista de preguntas y respuestas, así como los períodos de investigación para cada cuestión, son flexibles y pueden modificarse a lo largo del proceso indagatorio, profundizando en aspectos problemáticos o añadiendo preguntas interesantes, no consideradas previamente.

Destacar que, en una de estas preguntas, se aplica la metodología de aprendizaje cooperativo, concretamente la técnica Co-Op Co-Op, para la indagación de las fases de investigación y desarrollo de una vacuna. En otra pregunta, se implementa la metodología de aula invertida o *flipped classroom* para el aprendizaje de conceptos teóricos de energía, trabajo y calor, que seguidamente serán aplicados en el proceso indagatorio. También se ejecutan las fases del método científico en la creación de un experimento sobre la propiedad de conducción de materiales. Incluso, los alumnos realizan una visita pedagógica a una empresa biotecnológica.

Tras convertirse en expertos de su temática, el siguiente paso es la elaboración del taller, aplicando el conocimiento adquirido. En una reunión presencial del profesor y el equipo correspondiente, los miembros toman la iniciativa, consensuan el diseño del taller y el reparto equitativo de tareas. El profesor transmite sugerencias para que el taller resulte atractivo para los destinatarios. Aunque no es de aplicación directa, se ha planificado una guía con los puntos clave de cada taller, utilizados por el profesor como orientación. Destacan contenidos sin tecnicismos y adaptados al nivel cultural de los destinatarios, así como la elaboración de material de apoyo, como códigos QR, infografías o mapas mentales, a través de herramientas digitales de diseño gráfico. Dicho material debe resultar estéticamente atractivo y que facilite la comprensión de ideas clave. Durante una semana, los alumnos practican la comunicación oral y elaboran el material de apoyo. El profesor y el equipo realizan una videoconferencia, en horario extraescolar, para ensayar la estructura y comunicación del taller, con correcciones y aportaciones del profesor. Esta videoconferencia será grabada, para que los alumnos puedan visualizarlo y aprender de sus errores. Tras otra semana en la que el equipo perfecciona el taller, el profesor y el equipo se reúnen en dos recreos, para ensayos y ultimar detalles.

En una sesión en el aula para cada actividad, el equipo expone su taller ante sus compañeros, aportando sugerencias y preguntas. El profesor y el equipo identifican fuentes de confusión, reelaborándolas, para que resulten comprensibles. Finalmente, toda la clase realiza una prueba de evaluación individual, con la que el profesor comprueba el grado de asimilación de conceptos físicos, químicos o biológicos, explicados en el taller. Continuando con el clima de dinamismo y diversión, estas pruebas se centran en la metodología de aprendizaje basado en juegos. El profesor entrega los resultados a los alumnos y proporciona retroalimentación, comentando la respuesta correcta, fallos comunes y pautas para mejorar.

La siguiente fase del ApS es la ejecución de la acción, es decir, cinco jornadas de divulgación científica, en cinco pueblos de la Sobrariba. El profesor organiza la logística, destacando la colaboración del Ayuntamiento de Valdefresno. Los alumnos son repartidos entre las cinco jornadas. Antes de cada jornada, el profesor recopila el material de apoyo y se ensayan los talleres en el centro. Cada jornada tendrá una duración de dos horas. Los talleres de treinta minutos, se impartirán simultáneamente, repitiéndose cuatro veces. Ya que un principio del ApS es que alumnado y destinatarios se benefician del servicio, el objetivo es crear un clima de participación, diversión y cercanía. De este modo, los alumnos se sienten motivados, agradecidos y orgullosos, porque los ciudadanos de los pueblos se han desplazado para ver sus talleres, en los que tanto esfuerzo han invertido, además de aprender de las anécdotas relatadas por el público. Por otro lado, los destinatarios aprenden conocimientos científicos útiles su vida cotidiana y surgen nuevas oportunidades de socialización.

Tras las jornadas divulgativas, los alumnos proceden con la reflexión final, a través de la autoevaluación y la coevaluación, en una sesión en el aula. Como proyecto innovador, es necesario sistematizar y difundir la acción. Para ello, el profesor recoge información durante el proceso ApS, difundiéndola en la página web del centro, redes sociales y periódicos locales, así como la presentación del proyecto en premios y concursos.

3.3.5. Cronograma y secuenciación de actividades

El proyecto "Ciencia en la Sobrariba" se desglosa en las fases del ApS. En la tabla 2, se esquematiza la cronología de todas las fases, detallando las sesiones y procesos del desarrollo de las tres actividades divulgativas, en la fase de diseño de la acción de servicio.

Tabla 2. Cronograma de la propuesta de intervención

CRONOGRAMA DEL PROYECTO ApS “CIENCIA EN LA SOBARRIBA”																			
Fase del proyecto ApS:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Sesión de detección de la necesidad social	X																		
Actividad divulgativa “control de plagas”		X																	
Diseño de la acción de servicio																			
Actividad divulgativa “vacunas contra la Covid-19”																			
Actividad divulgativa “ahorro energético”																			
Ejecución de la acción de servicio																			
Sesión de reflexión final sobre el proyecto ApS																		X	
Sistematización y difusión de la acción de servicio																			

Se señalan con una X las sesiones de 50 minutos en el aula de Física y Química con el grupo de clase.

Fuente: elaboración propia

Se procede con la detección de la necesidad social en una sesión al inicio del segundo trimestre (en la semana 1 después de las vacaciones de Navidad). La finalidad es introducir el proyecto a los alumnos, quienes diseñarán la acción de servicio a lo largo del segundo trimestre.

El diseño de las tres actividades divulgativas consta, respectivamente, de una sesión introductoria, tres semanas para el proceso indagatorio y tres semanas para la elaboración del taller divulgativo. La actividad “control de plagas” comienza en la segunda semana del segundo trimestre (semana 2 a mediados de enero), coincidiendo con la impartición de la unidad didáctica de química orgánica. Tres semanas después (semana 5 a inicios de febrero), se inicia la actividad “vacunas contra la Covid-19”, coincidiendo con la explicación de las biomoléculas, al final de la unidad de química orgánica. Evitando una excesiva carga de trabajo para el profesor, el inicio de la actividad “ahorro energético” se retrasa hasta mediados de febrero (semana 7), finalizando antes de las vacaciones de Semana Santa (semana 12).

La ejecución de la acción de servicio consta de cinco jornadas de divulgación científica en localidades rurales, durante el segundo, tercero y cuarto fin de semana de abril y el primero y segundo de mayo, en sábado o domingo, alternativamente (semanas 14, 15, 16, 17 y 18). Se han seleccionado estas fechas puesto que las condiciones climáticas menos hostiles de la primavera animan a los destinatarios a salir de sus hogares, fomentando la asistencia a las jornadas. A su vez, los alumnos tienen menor carga de estudio, comparando con final de curso.

Tras las jornadas, se procede con la última sesión de evaluación, en la tercera semana de mayo (semana 19). La sistematización de la acción de servicio tiene lugar a lo largo de todo el proyecto, mientras que su difusión será en la época de las jornadas y posteriormente.

a) Detección de la necesidad social

En la sesión inicial, los alumnos del grupo de clase detectan la necesidad social, reflexionan sobre cómo mejorarlo y se comprometen en diseñar y ejecutar la acción de servicio. En la tabla 3, se esquematizan las dimensiones de esta sesión. Una [descripción más detallada de las tareas y los recursos](#) se proporciona en el anexo B “detección de la necesidad social”.

Tabla 3. Descripción de la sesión de detección de la necesidad social

SESIÓN DE DETECCIÓN DE LA NECESIDAD SOCIAL		Detección de la necesidad social de escasez de oportunidades de socialización en la Sobrariba, conclusión sobre cómo mejorarlo y compromiso de llevar a cabo las jornadas de divulgación científica.	
Semana: 1	Objetivos: OD1, OD3	Contenidos: Proyecto de divulgación científica.	Estándares de aprendizaje: E3.1., E3.2.
Metodología: ApS		Competencias trabajadas: CCL, CD, CSC, CEC	
Espacio: aula	Agrupamiento: individual en clase	Recursos: ordenador con proyector, conexión a internet y enlaces web del anexo B.	
Tipo de evaluación: inicial, diagnóstica y heteroevaluación		Instrumentos de evaluación: aportaciones orales del alumnado	
Tarea: Visualización del documental “Valdefresno, tierra de lucha”, para conocer las tradiciones de la Sobrariba del siglo pasado (trabajo previo en casa). Proyección de video con resumen del documental.			Tiempo: 18 min
Pregunta del profesor y respuestas de alumnos: ¿de qué pueblos descendéis? El profesor capta así la atención de los alumnos.			5 min
Pregunta del profesor y lluvia de ideas de alumnos: tras visualizar las costumbres del siglo pasado, ¿qué contraste observáis respecto a la situación actual? El objetivo es que los alumnos sean conscientes de que las tradiciones de la Sobrariba se están perdiendo, debido a la despoblación. Como consecuencia, también han disminuido las oportunidades de socialización.			8 min
Pregunta del profesor y lluvia de ideas de alumnos: desde la asignatura de Física y Química, ¿cómo contribuiríais a incrementar las oportunidades de socialización en la Sobrariba? El objetivo es que los alumnos reflexionen y concluyan que pueden ayudar divulgando ciencia, incrementando así la alfabetización científica y las oportunidades de socialización de los habitantes de la Sobrariba.			13 min
El profesor comunica que los alumnos van a preparar tres actividades divulgativas en el centro, que expondrán en jornadas de divulgación científica, en cinco pueblos de la Sobrariba. Se busca el compromiso de los alumnos en diseñar y ejecutar la acción de servicio.			3 min
El profesor comunica la formación de los equipos I, II y III, con cuatro subgrupos (a, b, c y d).			3 min

Fuente: elaboración propia

b) Diseño de la acción de servicio

- Actividad divulgativa 1: “Control de plagas”

La temática de control de plagas permite contextualizar la unidad didáctica de la química del carbono, pues muchos pesticidas son compuestos orgánicos, con grupos funcionales estudiados en la unidad. Con el análisis de pictogramas e indicadores de las fichas técnicas de

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales estos productos, así como los Equipos de Protección Individual (EPIS), se repasan las medidas de seguridad en el laboratorio. De forma interdisciplinar, se trabajan contenidos de Biología y Geología, como la clasificación de las plagas según los reinos de los seres vivos y la nomenclatura taxonómica. Por otra parte, la divulgación sobre este tópico puede atraer a los destinatarios de los pueblos, en su mayoría agricultores profesionales o habitantes que cultivan sus propios huertos para consumo personal. Normalmente, tienen dudas sobre la búsqueda de información de nuevas plagas, que afectan a sus árboles o cosechas, qué productos fitosanitarios adquirir, el reciente carnet imprescindible legalmente para sulfatar y, curiosamente, la creciente preocupación por las medidas de protección personal mientras se sulfata o la ingesta de compuestos químicos en las frutas y hortalizas recolectadas.

Sesión introductoria. Tras iniciar los compuestos del carbono, en la unidad didáctica de química orgánica, e impartir la nomenclatura de hidrocarburos lineales, comienza la actividad con una sesión introductoria para todo el grupo de clase, en el aula de Física y Química. Se destina a la sensibilización e identificación de ideas previas sobre agricultura sostenible. En la tabla 4, se esquematizan las dimensiones de esta sesión. Una descripción más detallada de las tareas, los recursos y el agrupamiento se proporciona en el anexo C “diseño de la acción de servicio: control de plagas”. Asimismo, se incluye la publicación de bienvenida y presentación de la actividad.

Tabla 4. Descripción de la sesión introductoria de la actividad “control de plagas”

DISEÑO DE LA ACCIÓN DE SERVICIO: ACTIVIDAD DIVULGATIVA “CONTROL DE PLAGAS”		SESIÓN INTRODUCTORIA	Sensibilización e identificación de ideas previas sobre agricultura sostenible.
Semana: 2	Objetivos: OD11	Contenidos: Gestión Integrada de Plagas (GIP).	Estándares de aprendizaje: E4.1.
Metodología: ciencia en contexto		Competencias trabajadas: CCL, CMCT, CD, CPAA, CSC	
Espacio: aula	Agrupamiento: clase repartida en grupos de cuatro alumnos	Recursos: ordenador con proyector, tabletas individuales, conexión a internet y enlaces web del anexo C.	
Tipo de evaluación: inicial, diagnóstica y heteroevaluación		Instrumentos de evaluación: aportaciones orales del alumnado	
Tarea: Pregunta del profesor: ¿qué es la agenda 2030? Lluvia de ideas sobre desarrollo sostenible. Proyección de video de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible.		Tiempo: 1 min 5 min 6 min	

Lectura de artículo sobre agricultura sostenible.	20 min
Puesta en común de aspectos clave del artículo.	15 min
Aviso: el equipo I se encarga del taller sobre Gestión Integrada de Plagas (GIP).	3 min

Fuente: elaboración propia

Proceso indagatorio. Durante tres semanas tiene lugar el proceso indagatorio, en el que los alumnos del equipo I buscan información para la posterior elaboración de su taller divulgativo. El profesor comienza con una [publicación de presentación en Teams](#). Se ha preparado una lista de diez preguntas, que el profesor publicará periódicamente en el "Equipo I" de Teams. A la vez, se han elaborado respuestas como guía para corregir las aportaciones de los alumnos. Cada subgrupo (Ia, Ib, Ic y Id) investigará y publicará una respuesta para cada pregunta. De lo contrario, el profesor no formulará una nueva pregunta. En la tabla 5, se esquematizan las dimensiones del proceso. Una [descripción de los contenidos indagados sobre la temática de control de plagas](#), a través de preguntas, se proporciona en el anexo C "diseño de la acción de servicio: control de plagas". Se incluyen las [publicaciones de las diez preguntas en Teams, con sus respuestas modelo](#).

Tabla 5. Descripción del proceso indagatorio de la actividad "control de plagas"

DISEÑO DE LA ACCIÓN DE SERVICIO: ACTIVIDAD DIVULGATIVA "CONTROL DE PLAGAS"		PROCESO INDAGATORIO	A través del proceso autónomo de investigación, los alumnos se convierten en expertos de la GIP.
Semanas: 2, 3 y 4	Objetivos: OD2, OD3, OD6, OD8, OD9, OD14	Contenidos: Proyecto de divulgación científica. Gestión Integrada de Plagas (GIP).	Estándares de aprendizaje: E1.1., E1.2., E1.3., E4.1., E4.2., E4.3., E5.1., E5.2., E6.1., E6.2., E7.1.
Metodología: ciencia en contexto e investigación (búsqueda de información, en fuentes fiables, para responder a diez preguntas que profundizan progresivamente en la temática GIP)			Competencias trabajadas: CCL, CMCT, CD, CPAA, CSC
Espacio: chat del equipo I de Teams	Agrupamiento: equipo I (8 alumnos) dividido en subgrupos Ia, Ib, Ic y Id (2 alumnos cada uno)	Recursos: ordenador con conexión a internet en casa, cuenta institucional Outlook con acceso a Teams, listado de diez preguntas y respuestas y enlaces web del anexo C. Uso principal de la página web oficial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).	
Tipo de evaluación: procesual, formativa y heteroevaluación		Instrumentos de evaluación: escala de valoración del anexo I	
Pregunta: 1. Mensajes de presentación. Significado de la GIP y nociones de legislación, a través de la Directiva y Real Decreto en el que se fundamenta.		Días lectivos: 2 días	

2. Fases de la GIP: búsqueda de información en las Guías de GIP, monitorización, registro, compra, actuación, almacenamiento y reciclaje.	1 día
3. Tipos de medidas en la fase de actuación: medidas de prevención, medios biológicos y productos químicos.	1 día
4. Plagas y cultivos afectados comunes en la Sobrariba. Repaso de reinos de los seres vivos y nomenclatura taxonómica.	2 días
5. Con un ejemplo de plaga y cultivo de la pregunta 4, búsqueda de medidas de actuación en las Guías de GIP, del MAPA.	1 día
6. Con un ejemplo de plaga de la pregunta 4, búsqueda de productos químicos autorizados, en el Registro de Productos Fitosanitarios del MAPA.	2 días
7. Búsqueda de puntos de venta y operadores de fitosanitarios autorizados en el Registro Oficial del MAPA.	1 día
8. Pictogramas e indicadores de medidas de seguridad en el manejo y almacenamiento de productos fitosanitarios químicos.	2 días
9. Tipos de Equipos de Protección individual (EPIS) en el empleo de fitosanitarios.	1 día
10. Contextualización de la química orgánica en la GIP: estudio de grupos funcionales, en principios activos orgánicos, de productos fitosanitarios químicos.	2 días

Fuente: elaboración propia

Proceso de elaboración del taller. Tras el proceso de indagación, los alumnos del equipo I son expertos de la temática “control de plagas” y comienzan con la elaboración de un taller en base al conocimiento adquirido, adaptándolo a los intereses y nivel cultural de los destinatarios. En la tabla 6, se esquematizan las dimensiones del proceso. Una descripción más detallada de las sesiones, las tareas y los recursos se proporciona en el anexo C “diseño de la acción de servicio: control de plagas”. Se incluye la guía planificada del taller, con los aspectos clave de orientación para el profesor.

Tabla 6. Descripción del proceso de elaboración del taller “control de plagas”

DISEÑO DE LA ACCIÓN DE SERVICIO: ACTIVIDAD DIVULGATIVA “CONTROL DE PLAGAS”		PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TALLER	Los alumnos aplican el conocimiento adquirido en la elaboración del taller, dotando de sentido a los contenidos.
Semanas:	Objetivos:	Contenidos:	Estándares de aprendizaje:
5, 6 y 7	OD2, OD3, OD7, OD8, OD9, OD14	Proyecto de divulgación científica. Gestión Integrada de Plagas (GIP).	E2.1., E2.2., E2.3., E2.4., E2.5., E4.1., E4.2., E4.3., E5.1., E5.2., E6.1., E6.2., E7.1.
Metodología: ciencia en contexto y divulgación científica		Competencias trabajadas: CCL, CMCT, CD, CPAA, CSC, SIE, CEC	Agrupamiento: equipo I (8 alumnos)
Espacio: sala de reuniones y de videoconferencias del equipo I de Teams		Recursos: profesor de apoyo, ordenador con conexión a internet en casa, cuenta institucional Outlook con acceso a Teams, guía planificada del taller del anexo C, recolección de EPIS y etiquetas de pesticidas y programas GoConqr, Canva y el generador de códigos QR, con videotutoriales.	

Tipo de evaluación: procesual, formativa y heteroevaluación		Instrumentos de evaluación: rúbrica de evaluación del anexo I
Sesión: Diseño del taller (en sala de reuniones durante una sesión de Física y Química). El resto de alumnos realiza ejercicios en el aula, supervisado por un profesor de apoyo.	Tarea: Lluvia de ideas, bajo orientación del profesor, con la guía planificada del taller. Consenso del diseño del taller. Reparto de trabajo entre los miembros del equipo I Envío de enlaces de herramientas digitales y tutoriales.	Tiempo: 30 min 10 min 5 min 5 min
Tarea: Los alumnos practican la comunicación y elaboran el material de apoyo, es decir, la infografía, el mapa mental y la recolección de EPIS y etiquetas de pesticidas (en casa). Primer ensayo por videoconferencia grabada (en horario extraescolar). Los alumnos perfeccionan su intervención (en casa). Primer ensayo presencial (en el recreo). Segundo ensayo presencial (en el recreo).		Tiempo: 5 días 90 min 5 días 25 min 25 min

Fuente: elaboración propia

Sesión de exposición en clase. Durante una sesión en el aula de Física y Química con el grupo de clase, el equipo I expone su taller delante de sus compañeros, como se indica en la tabla 7. A continuación, los compañeros aportan sugerencias y preguntas que enriquezcan el taller. Finalmente, toda la clase realiza una prueba de evaluación individual, mediante tabletas, en la que el profesor comprueba el grado de adquisición de conceptos químicos, explicados en el taller. Aplicando la metodología de aprendizaje basado en juegos, esta prueba es una versión del juego "quién es quién", con imágenes de fórmulas desarrolladas de principios activos orgánicos fitosanitarios, pictogramas de seguridad e indicadores H y P. Los alumnos identifican cinco imágenes, a través de pistas enunciadas. Se incluye la [prueba de evaluación "quién es quién"](#) en el anexo I "instrumentos de evaluación del aprendizaje". En la próxima sesión en el aula, el profesor entrega los resultados de la prueba y aporta retroalimentación en voz alta.

Tabla 7. Descripción de la sesión de exposición del taller "control de plagas"

DISEÑO DE LA ACCIÓN DE SERVICIO: ACTIVIDAD DIVULGATIVA "CONTROL DE PLAGAS"	SESIÓN DE EXPOSICIÓN DEL TALLER	Primera exposición del taller, ante los compañeros de clase. Estos realizan aportaciones para enriquecerlo. Prueba de evaluación final de conocimientos con retroalimentación del profesor.	
Semana: 7	Objetivos: OD8, OD9	Contenidos: Proyecto de divulgación científica. Gestión Integrada de Plagas (GIP).	Estándares de aprendizaje: E6.1., E6.2., E7.1.

Metodología: ApS, ciencia en contexto, divulgación científica y aprendizaje basado en juegos (prueba de evaluación)		Competencias trabajadas: CMCT
Espacio: aula	Agrupamiento: equipo I y resto de compañeros	Recursos: ordenador con proyector, tabletas individuales, conexión a internet y prueba de evaluación del anexo F.
	Tipo de evaluación: final, sumativa y heteroevaluación	Instrumentos de evaluación: prueba de evaluación del anexo I ("quién es quién" de elaboración propia)
Sesión: Exposición y prueba de evaluación, durante una sesión de Física y Química.	Tarea: El equipo I expone el taller en clase ante sus compañeros. Aportaciones de compañeros para enriquecer el taller. Prueba final de evaluación, con la mecánica del juego "quién es quién" (aprendizaje basado en juegos), de conocimientos sobre grupos funcionales de química orgánica contextualizados en productos fitosanitarios, pictogramas e indicadores de seguridad.	Tiempo: 30 min 5 min 15 min
Tarea: Entrega de resultados de la prueba de evaluación y retroalimentación del profesor.		Tiempo: 15 min

Fuente: elaboración propia

- Actividad divulgativa 2: "Vacunas contra la Covid-19"

Durante la crisis sanitaria de la Covid-19, ha sido patente la falta de alfabetización científica, tanto en los medios de comunicación como en la población. Este hecho se ha demostrado en las continuas opiniones sin rigor científico sobre las medidas de restricción o la administración de vacunas, conduciendo a noticias sin fundamento y alarmismo social. Por ello, se planifica un taller divulgativo sobre el papel de las vacunas en la prevención de enfermedades contagiosas, incluyendo su mecanismo de acción. También se aborda el proceso de investigación y desarrollo de una vacuna, resaltando la trazabilidad y burocracia, necesarias para la autorización de comercialización. La finalidad de este taller es captar la atención de los destinatarios con una temática de indiscutible interés actual, así como fomentar su conocimiento sobre vacunas, para que sus futuras posturas sean más críticas. Por otra parte, la divulgación sobre vacunas permite la contextualización de las biomoléculas, concretamente la composición química de proteínas y ácidos nucleicos, dentro de la unidad de química orgánica, así como repasar el enlace covalente, a través del enlace peptídico y el enlace fosfodiéster, y las interacciones moleculares, responsables del plegamiento de proteínas y de la doble cadena de ADN. Esta actividad adquiere un enfoque interdisciplinar, con contenidos de Biología y Geología, como el sistema inmune o la expresión de la información genética.

Sesión introductoria. Tras la nomenclatura de química orgánica en su unidad didáctica, se imparten las biomoléculas como ejemplo de compuestos del carbono en seres vivos, en una sesión introductoria para todo el grupo de clase, en el aula de Física y Química. También se busca sensibilizar sobre la importancia de la vacunación y opinar con rigor científico. En la tabla 8, se esquematizan las dimensiones de esta sesión. Una descripción más detallada de [las tareas, los recursos y el agrupamiento](#) se proporciona en el anexo D "vacunas contra la Covid-19". Asimismo, se procede con la publicación de bienvenida y presentación de la actividad.

Tabla 8. Descripción de la sesión introductoria de la actividad "vacunas contra la Covid-19"

DISEÑO DE LA ACCIÓN DE SERVICIO: ACTIVIDAD DIVULGATIVA "VACUNAS CONTRA LA COVID-19"		SESIÓN INTRODUCTORIA	Introducción de biomoléculas y sensibilización sobre la vacunación y la argumentación científica.
Semana: 5	Objetivos: OD8, OD10	Contenidos: Biomoléculas. Vacunas.	Estándares de aprendizaje: E8.1., E9.1., E9.2.
Metodología: ciencia en contexto		Competencias trabajadas: CCL, CMCT, CD, CPAA, CSC, CEC	
Espacio: aula	Agrupamiento: clase repartida en dos grupos en forma de pasillo		Recursos: ordenador con proyector, tabletas individuales, conexión a internet y enlaces web del anexo D.
Tipo de evaluación: inicial, diagnóstica y heteroevaluación		Instrumentos de evaluación: aportaciones orales del alumnado	
Tarea: Explicación del profesor de hidratos de carbono y lípidos. Pregunta del profesor: si pudierais vacunarnos contra la Covid-19, ¿lo haríais? Proyección del video "Yo me vacuno seguro" del Ministerio de Sanidad. Debate sobre motivos para vacunarse o no. Pregunta del profesor y lluvia de ideas de los alumnos: ¿creéis que las respuestas, a favor o en contra, se argumentan desde un punto de vista científico? Pregunta del profesor y lluvia de ideas de los alumnos: las vacunas activan el sistema inmune, produciendo anticuerpos, ¿conocéis más usos de anticuerpos? Lectura de dos noticias sobre la autorización europea otorgada a la empresa biotecnológica leonesa mAbxience, para la producción y comercialización del anticuerpo Bevacizumab. Comentarios del profesor sobre las dos noticias en el desarrollo de la ciudad. Aviso: los alumnos de clase realizarán una salida pedagógica a mAbxience. Aviso: el equipo II se encarga del taller sobre vacunas contra la Covid-19.		Tiempo: 7 min 1 min 0,5 min 13 min 4 min 4 min 10 min 5 min 2,5 min 3 min	

Fuente: elaboración propia

Proceso indagatorio. Durante tres semanas, los alumnos del equipo II llevan a cabo el proceso indagatorio, buscando información para la posterior elaboración de su taller divulgativo. El

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales profesor comienza con una [publicación de presentación en Teams](#). Se ha preparado una lista de diez preguntas, que el profesor publicará periódicamente en el “Equipo II” de Teams. A su vez, se han elaborado respuestas como guía para corregir las aportaciones de los alumnos. Cada subgrupo (IIa, IIb, IIc y IIId) investigará y publicará una respuesta para cada pregunta. De lo contrario, el profesor no formulará una nueva pregunta. En la tabla 9, se esquematizan las dimensiones del proceso. Una [descripción de los contenidos indagados sobre la temática de vacunas contra la Covid-19](#), a través de preguntas planteadas por el profesor se proporciona en el anexo D “vacunas contra la Covid-19”, donde se profundiza en la [técnica Co-Op Co-Op de aprendizaje cooperativo](#). Se incluyen las [publicaciones de las diez preguntas en Teams, con sus respuestas modelo](#) y la [salida pedagógica](#).

Tabla 9. Descripción del proceso indagatorio de la actividad “vacunas contra la Covid-19”

DISEÑO DE LA ACCIÓN DE SERVICIO: ACTIVIDAD DIVULGATIVA “VACUNAS CONTRA LA COVID-19”		PROCESO INDAGATORIO	A través del proceso autónomo de investigación, los alumnos se convierten en expertos sobre vacunas.
Semanas: 5, 6 y 7	Objetivos: OD2, OD3, OD6, OD8, OD10, OD15	Contenidos: Proyecto de divulgación científica. Biomoléculas. Vacunas.	Estándares de aprendizaje: E1.1., E1.2., E1.3., E8.2., E8.3., E8.4., E8.5., E9.1., E9.2., E9.3., E9.4., E10.1, E10.2.
Metodología: ciencia en contexto e investigación (búsqueda de información, en fuentes fiables, para responder a diez preguntas que profundizan progresivamente en la temática de vacunas). Salida pedagógica a la empresa mAbxience. Técnica Co-Op Co-Op de aprendizaje cooperativo (pregunta 5).			Competencias trabajadas: CCL, CMCT, CD, CPAA, CSC, CEC
Espacio: chat del equipo II de Teams	Agrupamiento: equipo II dividido en subgrupos IIa, IIb, IIc y IIId (2 alumnos cada uno). Grupo de clase en la salida pedagógica.	Recursos: ordenador con conexión a internet en casa, cuenta institucional Outlook con acceso a Teams, listado de diez preguntas y respuestas y enlaces web del anexo D. Uso principal de un podcast del Ministerio de Ciencia e Innovación y la página web oficial de la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS).	
Tipo de evaluación: procesual, formativa y heteroevaluación		Instrumentos de evaluación: escala de valoración del anexo I	
Pregunta:			Días lectivos:
1. Mensajes de presentación. Contextualización de la química orgánica en los aminoácidos (aa): búsqueda de los 20 aa e identificación de grupos funcionales.			2 días
2. Contextualización del enlace químico en las proteínas: estudio del enlace peptídico como enlace covalente y las interacciones intermoleculares responsables del pliegue de las cadenas proteicas.			1 día
3. Contextualización de las proteínas en los anticuerpos: visualización de video y lectura de texto sobre el funcionamiento del sistema inmune. Describir, sin tecnicismos, la respuesta inmunitaria específica (papel de anticuerpos y vacunas).			2 días
4. Búsqueda de enfermedades infecciosas con plan de vacunación en España.			1 día

5. Escucha de un podcast del Ministerio de Ciencia e Innovación como introducción rigurosa científicamente de las fases de investigación y desarrollo de las vacunas. Aplicando la técnica Co-Op Co-Op de aprendizaje cooperativo , cada subgrupo investiga y se convierte en experto de determinadas fases. Búsqueda principal en la web oficial de la AEMPS. Posterior puesta en común por videoconferencia, para que todos los miembros del equipo II aprendan el proceso completo.	3 días
Tarea intermedia: Salida pedagógica de todo el grupo de clase a la empresa biotecnológica mAbxience (en el Parque Tecnológico de León), fabricante de anticuerpos. El equipo II aplica los conocimientos investigados. El grupo de clase es consciente del impacto social, cultural y económico de la industria farmacéutica en la ciudad de León.	Tiempo: 3 horas
Continuación de preguntas: 6. Reflexión y debate sobre el acortamiento de la temporalización en la investigación y desarrollo de la vacuna contra la Covid-19. Aprender a opinar de forma crítica, a partir de la información rigurosa investigada previamente.	Días lectivos: 2 días
7. Contextualización de la química orgánica en las clases de vacunas frente a la Covid-19 (adenovirus y ARN mensajero): estructura de los nucleótidos, tipos de bases nitrogenadas, tipos de pentosas y diferencias entre ADN y ARN.	1 día
8. Contextualización del enlace químico en las clases de vacunas frente a la Covid-19 (adenovirus y ARN mensajero): estudio del enlace fosfodiéster como enlace covalente y los puentes de hidrógeno responsables de la doble cadena de ADN.	1 día
9. Contextualización del proceso de expresión de la información genética en el funcionamiento de las vacunas frente a la Covid-19 (adenovirus y ARN mensajero).	1 día
10. Aunque los alumnos han aprendido a opinar rigurosamente, partiendo de fuentes especialistas, también deben ser conscientes de su importancia para fomentar la alfabetización científica. Identificación de opiniones sin fundamento sobre el plan de vacunación frente a la Covid-19, en un video del programa El Hormiguero, y extrapolación a futuras aportaciones de los destinatarios.	1 día

Fuente: elaboración propia

Proceso de elaboración del taller. Tras el proceso de indagación, los alumnos del equipo II son expertos de la temática "vacunas contra la Covid-19", comenzando con la elaboración de un taller en base al conocimiento adquirido, procurando adaptarlo a los intereses y nivel cultural de los destinatarios. En la tabla 10, se esquematizan las dimensiones del proceso. La descripción de sesiones, tareas y recursos es la misma que en la actividad anterior. Se incluye la guía planificada del taller, con los aspectos clave de orientación para el profesor, en el anexo D "vacunas contra la Covid-19".

Tabla 10. Descripción del proceso de elaboración del taller "vacunas contra la Covid-19"

DISEÑO DE LA ACCIÓN DE SERVICIO: ACTIVIDAD DIVULGATIVA "VACUNAS CONTRA LA COVID-19"	PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TALLER	Los alumnos aplican el conocimiento adquirido en la elaboración del taller, dotando de sentido a los contenidos.
--	--	--

Semanas:	Objetivos:	Contenidos:	Estándares de aprendizaje:
8, 9 y 10	OD2, OD3, OD7, OD8, OD10, OD15	Proyecto de divulgación científica. Biomoléculas. Vacunas.	E2.1., E2.2., E2.3., E2.4., E2.5., E8.2., E8.3., E8.4., E8.5., E9.1., E9.2., E9.3., E9.4., E10.1, E10.2.
Metodología: ciencia en contexto y divulgación científica		Competencias trabajadas: CCL, CMCT, CD, CPAA, CSC, SIE, CEC	Agrupamiento: Equipo II (8 alumnos).
Espacio: sala de reuniones y de videoconferencias del equipo I de Teams		Recursos: profesor de apoyo, ordenador con conexión a internet en casa, cuenta institucional Outlook con acceso a Teams, guía planificada del taller del anexo D, papel de manualidades y el programa Canva y el generador de códigos QR, con videotutoriales.	
Tipo de evaluación: procesual, formativa y heteroevaluación		Instrumentos de evaluación: rúbrica de evaluación del anexo I	
Sesión: Diseño del taller (en sala de reuniones durante una sesión de Física y Química). El resto de alumnos realiza ejercicios en el aula, supervisado por un profesor de apoyo.	Tarea: Lluvia de ideas, bajo orientación del profesor, con la guía planificada del taller. Consenso del diseño del taller. Reparto de trabajo entre los miembros del equipo II. Envío de enlaces de herramientas digitales y tutoriales.		Tiempo: 30 min 10 min 5 min 5 min
Tarea: Los alumnos practican la comunicación y elaboran el material de apoyo, es decir, la infografía y la representación del sistema inmune con papel de manualidades (en casa). Primer ensayo por videoconferencia grabada (en horario extraescolar). Los alumnos perfeccionan su intervención (en casa). Primer ensayo presencial (en el recreo). Segundo ensayo presencial (en el recreo).			Tiempo: 5 días 90 min 5 días 25 min 25 min

Fuente: elaboración propia

Sesión de exposición en clase. Durante una sesión en el aula de Física y Química con el grupo de clase, el equipo II expone su taller delante de sus compañeros, seguido de aportaciones, como se indica en la tabla 11. Finalmente, toda la clase realiza una prueba de evaluación individual de conceptos explicados en el taller. Aplicando la metodología de aprendizaje basado en juegos, esta prueba consiste en ocho preguntas de respuesta múltiple, preparado con la plataforma Kahoot. En un ambiente de dinamismo, los alumnos responden a través de sus tabletas individualmente, a preguntas sobre enlaces, interacciones intermoleculares, grupos funcionales en proteínas y ácidos nucleicos, respuesta inmune y expresión genética. Tras responder a cada pregunta, el profesor aporta retroalimentación, aclarando confusiones. Se incluye el [enlace web de la prueba de evaluación de Kahoot](#), así como [imágenes de las preguntas](#) en el anexo I "instrumentos de evaluación del aprendizaje".

Tabla 11. Descripción de la sesión de exposición del taller "vacunas contra la Covid-19"

DISEÑO DE LA ACCIÓN DE SERVICIO: ACTIVIDAD DIVULGATIVA "VACUNAS CONTRA LA COVID-19"		SESIÓN DE EXPOSICIÓN DEL TALLER	Primera exposición del taller, ante los compañeros de clase. Estos realizan aportaciones para enriquecerlo. Prueba de evaluación final de conocimientos con retroalimentación del profesor.
Semana: 10	Objetivos: OD8, OD10	Contenidos: Proyecto de divulgación científica. Biomoléculas. Vacunas.	Estándares de aprendizaje: E8.1., E8.2., E8.3., E8.4., E8.5., E9.1., E9.2., E9.3.
Metodología: ApS, ciencia en contexto, divulgación científica y aprendizaje basado en juegos (Kahoot como prueba de evaluación)		Competencias trabajadas: CMCT	
Espacio: Agrupamiento: equipo II y aula Recursos: ordenador con proyector, tabletas individuales, conexión a internet y prueba de evaluación del anexo C.			
Tipo de evaluación: final, sumativa y heteroevaluación		Instrumentos de evaluación: prueba de evaluación del anexo I (Kahoot con ocho preguntas de elaboración propia)	
Sesión: Exposición y prueba de evaluación, durante una sesión de Física y Química.	Tarea: El equipo II expone el taller en clase ante sus compañeros. Aportaciones de compañeros para enriquecer el taller. Prueba final de evaluación, con ocho preguntas de Kahoot (aprendizaje basado en juegos), de conocimientos sobre enlaces covalentes e interacciones intermoleculares en proteínas y ácidos nucleicos, estructura de los nucleótidos, grupos funcionales orgánicos de aminoácidos, anticuerpos y vacunas en la respuesta inmunitaria específica y proceso de expresión genética. Retroalimentación del profesor después de cada pregunta.		Tiempo: 30 min 4 min 16 min

Fuente: elaboración propia

- Actividad divulgativa 3: "Ahorro energético"

El cambio climático constituye una amenazada medioambiental a la que la humanidad tiene que enfrentarse. El Gobierno implanta medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como las energías renovables. Sin embargo, si la ciudadanía también realizará discretos cambios sostenibles en acciones diarias, conllevaría una impactante desaceleración del cambio climático. Por tanto, el objetivo de esta actividad divulgativa es crear conciencia medioambiental, tanto en alumnado como en destinatarios, de la necesidad de adoptar hábitos de vida sostenibles, como el ahorro energético en los hogares rurales, además de captar la atención del público con la disminución del gasto económico que conlleva. Con esta temática, se contextualizan los contenidos de energía, trabajo y calor.

Sesión introductoria. En el aula de Física y Química, la sesión introductoria con todo el grupo de clase se destina a sensibilizar al alumnado de la actual repercusión del cambio climático y las futuras consecuencias si no se toman medidas urgentes. En la tabla 12, se esquematizan las dimensiones de esta sesión. Una descripción más detallada de [las tareas, los recursos y el agrupamiento](#) se proporciona en el anexo E “ahorro energético”. Asimismo, se procedería con la publicación de bienvenida y presentación de la actividad.

Tabla 12. Descripción de la sesión introductoria de la actividad “ahorro energético”

DISEÑO DE LA ACCIÓN DE SERVICIO: ACTIVIDAD DIVULGATIVA “AHORRO ENERGÉTICO”		sesión INTRODUCTORIA	Sensibilización e identificación de ideas previas sobre la repercusión del cambio climático y la necesidad de tomar medidas para reducir la emisión de gases contaminantes.
semana: 7	Objetivos: OD11	Contenidos: Ahorro energético.	Estándares de aprendizaje: E11.1.
Metodología: ciencia en contexto		Competencias trabajadas: CCL, CMCT, CD, CPAA, CSC	
Espacio: aula Agrupamiento: clase agrupada en forma de U		Recursos: ordenador con proyector, tabletas individuales, conexión a internet y enlaces web del anexo E. Uso de la herramienta Timelapse de Google Earth.	
Tipo de evaluación: inicial, diagnóstica y heteroevaluación		Instrumentos de evaluación: aportaciones orales del alumnado	
Tarea: Proyección del tráiler de la película Interstellar. Comentario del profesor sobre el mensaje de la película: esperar a agotar los recursos naturales de la Tierra para mudarnos a otro planeta. Proyección del tráiler de la película El día de mañana. Lluvia de ideas sobre catástrofes meteorológicas actuales, similares a la película. Ejemplo de catástrofe meteorológica actual con la proyección de video de la borrasca Filomena en Madrid. Uso de la herramienta Timelapse de Google Earth para visualizar la evolución de la superficie del planeta durante 37 años, como consecuencia del cambio climático. Proyección de video de la NASA sobre el incremento de la temperatura global. Aviso: el equipo III se encarga del taller sobre ahorro energético.		Tiempo: 2,5 min 5 min 2 min 8 min 2,5 min 25 min 2 min 3 min	

Fuente: elaboración propia

Proceso indagatorio. Durante tres semanas, los alumnos del equipo III realizan el proceso indagatorio, buscando información para la posterior elaboración de su taller divulgativo. El profesor comienza con una [publicación de presentación en Teams](#). Se ha preparado una lista de nueve preguntas, que el profesor publicará periódicamente en el “Equipo III” de Teams. A

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales su vez, se han elaborado respuestas como guía para corregir las aportaciones de los alumnos. Cada subgrupo (IIIa, IIIb, IIIc y IIId) investigará y publicará una respuesta para cada pregunta. De lo contrario, el profesor no formulará una nueva pregunta. En la tabla 13, se esquematizan las dimensiones del proceso. Una [descripción de los contenidos indagados sobre la temática de ahorro energético](#), a través de preguntas, se proporciona en el anexo E “ahorro energético”, donde se profundiza en la [metodología de aula invertida](#). Asimismo, se incluyen las [publicaciones de las diez preguntas en Teams, con sus respuestas modelo](#), con la [aplicación del método científico en un experimento de laboratorio](#), además del [enlace web de un video de elaboración propia, subido a EDpuzzle con preguntas insertadas](#).

Tabla 13. Descripción del proceso indagatorio de la actividad “ahorro energético”

DISEÑO DE LA ACCIÓN DE SERVICIO: ACTIVIDAD DIVULGATIVA “AHORRO ENERGÉTICO”		PROCESO INDAGATORIO	A través del proceso autónomo de investigación, los alumnos se convierten en expertos del ahorro energético.
Semanas: 7, 8 y 9	Objetivos: OD2, OD3, OD6, OD11, OD12, OD13, OD16	Contenidos: Proyecto de divulgación científica. Ahorro energético.	Estándares de aprendizaje: E1.1., E1.2., E1.3., E11.1, E11.2., E11.3, E12.1., E12.2., E12.3., E12.4., E12.5., E12.6., E13.1, E13.2, E13.3
Metodología: ciencia en contexto e investigación (búsqueda de información, en fuentes fiables, para responder a nueve preguntas que profundizan progresivamente en la temática de ahorro energético). Aula invertida o <i>flipped classroom</i> (pregunta 3). Práctica de laboratorio y método científico (pregunta 9).			Competencias trabajadas: CCL, CMCT, CD, CPAA, CEC
Espacio: chat del equipo III (8 alumnos) equipo III dividido en subgrupos de Teams	Agrupamiento: IIIa, IIIb, IIIc y IIId (2 alumnos cada uno)	Recursos: ordenador con conexión a internet en casa, cuenta institucional Outlook con acceso a Teams, listado de nueve preguntas y respuestas y enlaces web del anexo E. Uso principal de la página web de “guía en energía” del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Video de elaboración propia, con preguntas en EDpuzzle, apoyándose en una simulación de PhET Colorado.	
Tipo de evaluación: procesual, formativa y heteroevaluación		Instrumentos de evaluación: escala de valoración del anexo I	
Pregunta:			Días lectivos:
1. Mensajes de presentación. Búsqueda de centrales térmicas que han cerrado en las provincias de León y Palencia, como ejemplo de medidas estatales frente al cambio climático, siendo conscientes del impacto en el contexto socioeconómico. Investigación de su sustitución por fuentes de energía renovables.			2 días
2. Con la lectura de un artículo de la revista Principia, los alumnos toman conciencia de que la ciudadanía también contribuye en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, mediante pequeños gestos de ahorro energético en el hogar. Búsqueda de trucos de ahorro energético en el hogar.			1 día
3. Basándose en la metodología de aula invertida , los alumnos visualizan un video (de elaboración propia), donde se explican conceptos teóricos de energía,			2 días

transformación entre tipos de energía mediante máquinas que realizan un trabajo, potencia, intercambios de calor y unidades. El video se apoya en diapositivas (de elaboración propia) y la simulación "Formas y cambios de energía" de PhET Colorado. Los alumnos visualizan el video en la plataforma EDpuzzle, respondiendo a preguntas de respuesta múltiple o argumentación, insertadas a lo largo del mismo. Con las respuestas, el profesor comprueba la comprensión de conceptos, aclarando dudas. Los alumnos aplican los conceptos en las preguntas posteriores.

- | | |
|---|--------|
| 4. Contextualización del concepto de potencia y las unidades de kilovatios y kilovatios hora en el análisis del importe económico de la factura de la luz. | 1 día |
| 5. Contextualización del concepto de máquina en la identificación de aquellas que consumen más energía en el hogar. Reflexión sobre cómo reducir su consumo energético. Investigar los consejos prácticos de la "guía en energía" de la IDAE. | 2 días |
| 6. Comparativa entre la etiqueta energética antigua y nueva de electrodomésticos. | 1 día |
| 7. Contextualización del intercambio de calor en los fenómenos de conducción, convección y radiación en el hogar, considerando medidas de ahorro energético. Búsqueda de materiales de construcción aislantes. | 2 días |
| 8. Contextualización histórica de la conducción en el uso del adobe y del tapial como antiguos materiales de construcción en la Sobrariba. Búsqueda de su composición, fabricación y estado actual. Concienciación del contexto cultural de la Sobrariba y reflexión sobre el uso de la piedra en la región de montaña. | 2 días |
| 9. Búsqueda y explicación de un experimento de laboratorio para analizar la propiedad de conducción. La finalidad es comprobar posteriormente qué material es mejor aislante, el adobe o la piedra. Identificación de las fases del método científico y tomar conciencia de su importancia para crear conocimiento. | 2 días |

Fuente: elaboración propia

Proceso de elaboración del taller. Tras el proceso de indagación, los alumnos del equipo III son expertos de la temática "ahorro energético", comenzando con el proceso de elaboración de un taller en base al conocimiento adquirido, procurando adaptarlo a los intereses y nivel cultural de los destinatarios. En la tabla 14, se esquematizan las dimensiones del proceso. La descripción de sesiones, tareas y recursos es la misma que en la primera actividad. Se incluye la guía planificada del taller, con los aspectos clave de orientación para el profesor, en el anexo E "ahorro energético".

Tabla 14. Descripción del proceso de elaboración del taller "ahorro energético"

DISEÑO DE LA ACCIÓN DE SERVICIO: ACTIVIDAD DIVULGATIVA "AHORRO ENERGÉTICO"	PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TALLER	Los alumnos aplican el conocimiento adquirido en la elaboración del taller, dotando de sentido a los contenidos.	
Semanas: 10, 11 y 12	Objetivos: OD2, OD3, OD7, OD11, OD12, OD13, OD16	Contenidos: Proyecto de divulgación científica. Ahorro energético.	Estándares de aprendizaje: E2.1., E2.2., E2.3., E2.4., E2.5., E11.1, E11.2., E11.3, E12.1., E12.2., E12.3., E12.4., E12.5., E12.6., E13.1, E13.2, E13.3

Metodología: ciencia en contexto y divulgación científica	Competencias trabajadas: CCL, CMCT, CD, CPAA, CSC, SIE, CEC	Agrupamiento: equipo III (8 alumnos)
Espacio:	Recursos: profesor de apoyo, ordenador con conexión a internet en casa, cuenta institucional Outlook con acceso a Teams, guía planificada del taller del anexo E, material de laboratorio, recolección de una piedra, barro y paja y programas GoConqr, Canva y el generador de códigos QR, con videotutoriales.	
Tipo de evaluación: procesual, formativa y heteroevaluación	Instrumentos de evaluación: rúbrica de evaluación del anexo I	
Sesión: Diseño del taller (en sala de reuniones durante una sesión de Física y Química). El resto de alumnos realiza ejercicios en el aula, supervisado por un profesor de apoyo.	Tarea: Lluvia de ideas, bajo orientación del profesor, con la guía planificada del taller. Consenso del diseño del taller. Reparto de trabajo entre los miembros del equipo III. Envío de enlaces de herramientas digitales y tutoriales.	Tiempo: 30 min 10 min 5 min 5 min
Tarea: Practicar la comunicación y elaborar el material de apoyo, es decir, la infografía, el mapa mental, el bloque de adobe y el experimento de conducción (en casa). Primer ensayo por videoconferencia grabada (en horario extraescolar). Los alumnos perfeccionan su intervención (en casa). Primer ensayo presencial (en el recreo). Segundo ensayo presencial (en el recreo).		Tiempo: 5 días 90 min 5 días 25 min 25 min

Fuente: elaboración propia

Sesión de exposición en clase. Durante una sesión en el aula de Física y Química con el grupo de clase, el equipo III expone su taller delante de sus compañeros, seguido de aportaciones, como se indica en la tabla 15. Finalmente, toda la clase realiza una prueba de evaluación individual de conceptos explicados en el taller. Aplicando la metodología de aprendizaje basado en juegos, se ha elaborado una prueba en la plataforma Educaplay, que los alumnos resuelven individualmente en sus tabletas. Este juego es una ruleta de palabras, en las que se escribe una palabra, que comienza o contiene una determinada letra, para cada una de las dieciséis definiciones incluidas. Se evalúan las fases del método científico y conceptos de energía, calor y trabajo, contextualizados en el ahorro energético. Se incluye el [enlace web de la prueba de evaluación de la ruleta de palabras](#), así como [imágenes de las preguntas](#) en el anexo I "instrumentos de evaluación del aprendizaje". En la próxima sesión en el aula, el profesor entrega los resultados de la prueba y aporta retroalimentación.

Tabla 15. Descripción de la sesión de exposición del taller "ahorro energético"

DISEÑO DE LA ACCIÓN DE SERVICIO: ACTIVIDAD DIVULGATIVA "AHORRO ENERGÉTICO"		SESIÓN DE EXPOSICIÓN DEL TALLER	Primera exposición del taller, ante los compañeros de clase. Estos realizan aportaciones para enriquecerlo. Prueba de evaluación final de conocimientos con retroalimentación del profesor.
Semana: 12	Objetivos: OD12, OD13	Contenidos: Proyecto de divulgación científica. Ahorro energético.	Estándares de aprendizaje: E12.1., E12.2., E12.6., E13.3.
Metodología: ApS, ciencia en contexto, divulgación científica y aprendizaje basado en juegos (ruleta de palabras de Educaplay como prueba de evaluación)			Competencias trabajadas: CMCT
Espacio: aula	Agrupamiento: equipo III y resto de compañeros	Recursos: ordenador con proyector, tabletas individuales, conexión a internet y prueba de evaluación del anexo E.	
Tipo de evaluación: final, sumativa y heteroevaluación		Instrumentos de evaluación: prueba de evaluación del anexo I (ruleta de palabras de Educaplay de elaboración propia)	
Sesión: Exposición y prueba de evaluación, durante una sesión de Física y Química.	Tarea: El equipo III expone el taller en clase ante sus compañeros. Aportaciones de compañeros para enriquecer el taller. Prueba final de evaluación, con un juego de la ruleta de palabras en Educaplay, de elaboración propia (aprendizaje basado en juegos), de conocimientos sobre energía, trabajo, potencia, máquinas y calor, con sus unidades, contextualizados en el ahorro energético en el hogar, y las fases del método científico.		Tiempo: 30 min 5 min 15 min
Tarea: Entrega de resultados de la prueba de evaluación y retroalimentación del profesor.			Tiempo: 15 min

Fuente: elaboración propia

c) Ejecución de la acción de servicio

Tras el diseño de las actividades, se procede con la ejecución de la acción de servicio, es decir, cinco jornadas divulgativas en cinco pueblos de la Sobrariba. En la tabla 16, se esquematizan las dimensiones de esta sesión. Una [descripción más detallada de la logística y la puesta en marcha de las jornadas](#) se proporciona en el anexo F "ejecución de la acción de servicio".

Tabla 16. Descripción de la sesión de ejecución de la acción de servicio

EJECUCIÓN DE LA ACCIÓN DE SERVICIO	Tras elaborar los tres talleres divulgativos, son expuestos por los alumnos en cinco jornadas divulgativas, en cinco pueblos de la Sobrariba, con la finalidad de incrementar la alfabetización científica y las oportunidades de socialización.		
Semanas: 14, 15, 16, 17 y 18	Objetivos: OD3, OD4, OD7	Contenidos: Proyecto de divulgación científica.	Estándares de aprendizaje: E2.2., E3.2., E3.3., E3.4.

Metodología:	Competencias trabajadas:	
ApS, ciencia en contexto y divulgación científica	CCL, CMCT, CSC, SIE, CEC	
Espacio: sala de reuniones del centro. Ayuntamiento de Valdefresno y casas de cultura de Valdelafuente, Paradilla de la Sobrariba, Solanilla de la Sobrariba y Santovenia del Monte.	Recursos: alcalde del Ayuntamiento de Valdefresno, presidentes de los pueblos, profesor de apoyo, carteles publicitarios, tres ordenadores con proyector, tabletas, conexión a internet, material de apoyo (mapas mentales e infografías impresos, etiquetas de pesticidas, EPIS, representación de la respuesta inmune con papel de manualidades, una piedra, bloque de adobe y material de laboratorio), autobús y taxis para destinatarios, autobús para los alumnos, cuestionario de satisfacción para destinatarios del anexo J y merienda.	
Agrupamiento: doce alumnos en cada jornada divulgativa (cuatro por taller) y los destinatarios	Evaluación: participación voluntaria en al menos una jornada de divulgación	
Tarea: Ensayo previo en sala de reuniones un día antes de cada jornada.	Tiempo: 2 horas (S14) + 2 horas (S15) + 2 horas (S16) + 2 horas (S17) + 2 horas (S18)	
Jornadas: Jornada de divulgación en Valdelafuente (S14), Paradilla (S15), Solanilla (S16), Santovenia (S17) y Valdefresno (S18).	En cada jornada: Ejecución de los talleres. Cumplimentar cuestionario de satisfacción para los destinatarios. Merienda	Tiempo: 2 horas (cada taller de 30 min se repite 4 veces). 10 min 1 hora

Fuente: elaboración propia

d) Reflexión final sobre el proyecto ApS

En la sesión final, tras las jornadas divulgativas, el alumno reflexiona sobre el aprendizaje adquirido, gracias a su participación en el proyecto "Ciencia en la Sobrariba". Para ello, procede con su autoevaluación y la coevaluación de su compañero de subgrupo. Por último, también evalúan la propuesta de intervención. En la tabla 17, se esquematizan las dimensiones de esta sesión. Una [descripción más detallada de las tareas y herramientas de evaluación empleadas](#) se proporciona en el anexo G "reflexión final sobre el proyecto ApS".

Tabla 17. Descripción de la sesión de reflexión final sobre el proyecto ApS

SESIÓN DE REFLEXIÓN FINAL	Los alumnos también aprenden tras finalizar la acción de servicio, evaluando su adquisición de contenidos y competencias, dotando de servicio al proyecto ApS y considerando cómo optimizarlo.		
Semana: 19	Objetivos: OD5	Contenidos: Proyecto de divulgación científica.	Estándares de aprendizaje: E3.2., E3.3.
Metodología: ApS		Competencias trabajadas: CPAA, SIE	

Espacio: aula	Agrupamiento: individual en clase	Recursos: tabletas individuales, conexión a internet, escala de valoración y rúbrica de evaluación del anexo I y cuestionario de satisfacción para el alumnado del anexo J.
	Tipo de evaluación: autoevaluación y coevaluación	Instrumentos de evaluación: escala de valoración y rúbrica de evaluación del anexo I
Tarea:		Tiempo:
Autoevaluación del aprendizaje del alumno.		8 min
Coevaluación del aprendizaje del compañero de subgrupo.		8 min
Comparación de los resultados de autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación.		5 min
Lluvia de ideas sobre el realismo de los resultados y cómo mejorarlos, bajo retroalimentación del profesor.		10 min
Cumplimentar cuestionario de evaluación para el alumnado.		9 min
Conversación informal sobre el éxito de las jornadas divulgativas, en el incremento de la alfabetización científica y las oportunidades de socialización en la Sobrariba. Se resalta la necesidad de informarse en fuentes fiables para tomar decisiones responsables de trasfondo científico.		10 min

Fuente: elaboración propia

e) Sistematización y difusión de la acción de servicio

Como propuesta innovadora, es necesaria la sistematización y difusión del proyecto "Ciencia en la Sobrariba". Tras recoger toda la información del proyecto, será difundida en la página web del centro, redes sociales y periódicos locales, así como presentada en los Premios Aprendizaje-Servicio (<https://aprendizajeservicio.com/>) y el Concurso Ciencia en Acción (<https://cienciaenaccion.org/>). Una [descripción de la sistematización, difusión y presentación en concursos](#) se incluye en el anexo H "sistematización y difusión de la acción de servicio".

3.3.6. Recursos

En la tabla 18, se exponen los recursos necesarios para llevar a cabo esta propuesta.

Tabla 18. Recursos empleados en la propuesta de intervención

RECURSOS MATERIALES
<ul style="list-style-type: none"> • Ordenador con proyector en el aula y conexión a internet en el centro. • Tabletas prestadas a los alumnos para el trabajo en el aula (u ordenadores portátiles en su defecto) y para los destinatarios en las jornadas divulgativas. • Los alumnos deberán disponer también de ordenador y conexión a internet en sus hogares. De lo contrario, el centro deberá proporcionar dichos recursos (biblioteca o salas de estudio disponibles todo el día, con posibilidad de transporte para los que viven en pueblos). • Correo institucional de Microsoft, con acceso a Teams, Outlook y Office 365, para profesor y alumnos. • Laboratorio con instrumental para preparar el experimento de conducción.

- Acceso a páginas web, noticias de periódicos, artículos de revistas, blogs, videos, podcast, documentos, leyes, simulaciones y juegos, descritos en los anexos, con sus referencias bibliográficas. Destaca el material de elaboración propia: listados de preguntas y respuestas; guías planificadas de los talleres; video grabado por la autora, utilizando como base una simulación de PhET Colorado y una presentación propia, subido a EDpuzzle con preguntas insertadas; pruebas de evaluación "quién es quién", Kahoot y ruleta de palabras en Educaplay; dos cuestionarios de evaluación en Microsoft Forms.
- Acceso a las herramientas digitales GoConqr, Canva y el generador de códigos QR para el diseño de mapas mentales e infografías. Posibilidad de impresión posterior en una papelería.
- Servicio de transporte para el alumnado a las localidades rurales.

RECURSOS ESPACIALES

- Aula de clase para sesiones con todo el grupo.
- Sala de reuniones para el consenso en el diseño y ensayos del taller.
- Salón de usos múltiples del Ayuntamiento de Valdefresno y casas de cultura de Valdefresno, Paradilla de la Sobrariba, Solanilla de la Sobrariba y Santovenia del Monte, para las jornadas de divulgación.

RECURSOS HUMANOS

- Profesor de Física y Química, encargado de la puesta en marcha de la propuesta de intervención.
- Profesor de apoyo para supervisar al resto del alumnado en la sesión en la que el profesor principal se reúne con el equipo para consensuar el diseño del taller y para monitorizar y coordinar en las jornadas.
- Colaboración y participación del personal del Ayuntamiento de Valdefresno, concretamente, el alcalde y los presidentes de los cinco pueblos, en la organización logística de las jornadas: impresión de carteles publicitarios, transporte de habitantes de localidades próximas, habilitación de locales (mesas, sillas, ordenadores y proyectores), coordinación de los destinatarios en las actividades y merienda final.

Fuente: elaboración propia

3.3.7. Evaluación

La evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje es continua, formativa e integradora:

- Evaluación inicial y diagnóstica para identificar las ideas previas del alumnado sobre las siguientes temáticas, adaptando la planificación de la propuesta a sus necesidades: el contexto rural actual, en la sesión de detección de la necesidad social, y agricultura sostenible, vacunación y cambio climático, en las sesiones introductorias de las tres actividades. Se basa en una heteroevaluación del profesor a los alumnos, empleando como instrumento las respuestas orales a preguntas, lluvias de ideas, un debate o puesta en común de ejercicios.
- Evaluación formativa en la fase de diseño de la actividad divulgativa para determinar el avance en el aprendizaje de contenidos de Física y Química, Biología y Geología y temáticas de divulgación. También se evalúa el desarrollo de los siguientes ámbitos competenciales: CL (expresión escrita y comunicación oral de ciencia a un público no especializado), CMCT y CPAA (aprender conocimientos científicos autónomamente mediante la investigación de temáticas y aplicarlos en la divulgación científica), CD (búsqueda de información en fuentes contrastadas y múltiples formatos y empleo de herramientas digitales de diseño gráfico), CSC (respeto a la

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales diversidad, trabajo en equipo y competencia científica para la ciudadanía), SIE (iniciativa y proactividad en la elaboración de los talleres divulgativos) y CEC (elaboración de infografías y mapas mentales que estéticamente captan la atención y facilitan la comprensión).

Los miembros de cada equipo conocerán los instrumentos de evaluación aplicados en la fase de diseño, para que sepan qué se espera de ellos desde el inicio. En el proceso indagatorio, se realiza una heteroevaluación del profesor a cada subgrupo. Como instrumento, se aplica la misma [escala de valoración](#) en cada pregunta. En Teams, se actualiza un archivo Excel con los resultados de la escala aplicada a cada pregunta, así como la retroalimentación del profesor indicando cómo mejorar. Los alumnos conocen su evolución y se orientan en la consecución del proceso indagatorio. Tras finalizar la elaboración del taller divulgativo, el profesor completa una [rúbrica de evaluación](#), en un archivo Excel, del aprendizaje de cada miembro en esta fase. Cada alumno conocerá el resultado, con retroalimentación, previamente a la ejecución de las jornadas de divulgación, para poder aplicar acciones de mejora.

- Evaluación sumativa para determinar la adquisición de conceptos de Física y Química y Biología y Geología. Se basa en una heteroevaluación del profesor a los alumnos de clase. Los instrumentos son tres pruebas de evaluación, de elaboración propia, tras la exposición de cada taller a los compañeros. Los miembros del taller demuestran que conocen los conceptos científicos indagados y aplicados, y los compañeros espectadores que han prestado atención a los talleres. Las pruebas han sido diseñadas acorde a la metodología de aprendizaje basado en juegos: [“quién es quién”](#) en la actividad de “control de plagas” (fórmulas orgánicas de principios activos fitosanitarios, pictogramas e indicadores de seguridad), [Kahoot](#) en “vacunas contra la Covid-19” (grupos funcionales, interacciones intermoleculares y enlaces químicos en proteínas y ácidos nucleicos, expresión genética, anticuerpos y vacunas en la respuesta inmune) y [ruleta de palabras](#), de la plataforma Educaplay, en “ahorro energético” (método científico y conceptos de energía, trabajo y calor). Para las pruebas de “Quién es quién” y la ruleta de palabras, el profesor entrega los resultados y aporta retroalimentación en la siguiente sesión, explicando la respuesta correcta, dudas, fallos comunes y pautas para mejorar. En el Kahoot, se proporciona retroalimentación tras responder a cada pregunta.

- Autoevaluación del propio aprendizaje y coevaluación del compañero de subgrupo, en la última sesión. Completan la misma escala de valoración y la rúbrica de evaluación usadas por el profesor en la fase de diseño. El objetivo es reflexionar sobre las habilidades adquiridas,

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales gracias al esfuerzo y trabajo autónomo, comparando objetivamente con la evaluación del profesor y la coevaluación del compañero.

Cabe destacar que aportaciones positivas o negativas del alumno, de carácter excepcional, no recogidas en los instrumentos previos, serán descritas en un registro anecdótico. Las pruebas de evaluación y los indicadores de logro de la lista de valoración y la rúbrica de evaluación permiten medir el grado de consecución por el alumno de los estándares de aprendizaje, establecidos en el apartado 3.3.3. “contenidos” y el desarrollo de competencias clave. Los instrumentos descritos se incluyen el anexo I. “instrumentos de evaluación del aprendizaje”.

En base a los tipos de evaluación de esta propuesta, con sus correspondientes instrumentos de evaluación, se establecen los siguientes criterios de calificación en la tabla 19.

Tabla 19. Criterios de calificación del alumno

PORCENTAJE	TIPO DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN
40%	Formativa en el proceso indagatorio	Media aritmética de las puntuaciones obtenidas por el subgrupo en la escala de valoración, aplicada en cada pregunta.
35%	Formativa en la elaboración del taller	Puntuación obtenida en la rúbrica de evaluación individual.
15%	Sumativa conocimientos	Suma de los resultados de las tres pruebas de evaluación (aportación del 5% cada prueba).
5%	Autoevaluación	Media aritmética de la puntuación otorgada por el alumno en la escala de valoración y en la rúbrica de evaluación.
5%	Coevaluación	Media aritmética de la puntuación otorgada por el compañero de subgrupo en la escala de valoración y en la rúbrica de evaluación.
Subida o bajada de la calificación obtenida		Magnitud de las aportaciones positivas o negativas de carácter excepcional, recogidas en el registro anecdótico.
+1 punto en la calificación obtenida		Participación en al menos una jornada de divulgación.

NOTA: aunque no se incluye en la presente propuesta, una plantilla de Excel calcularía automáticamente las medias aritméticas, sumas y porcentajes, descritos en los criterios de calificación.

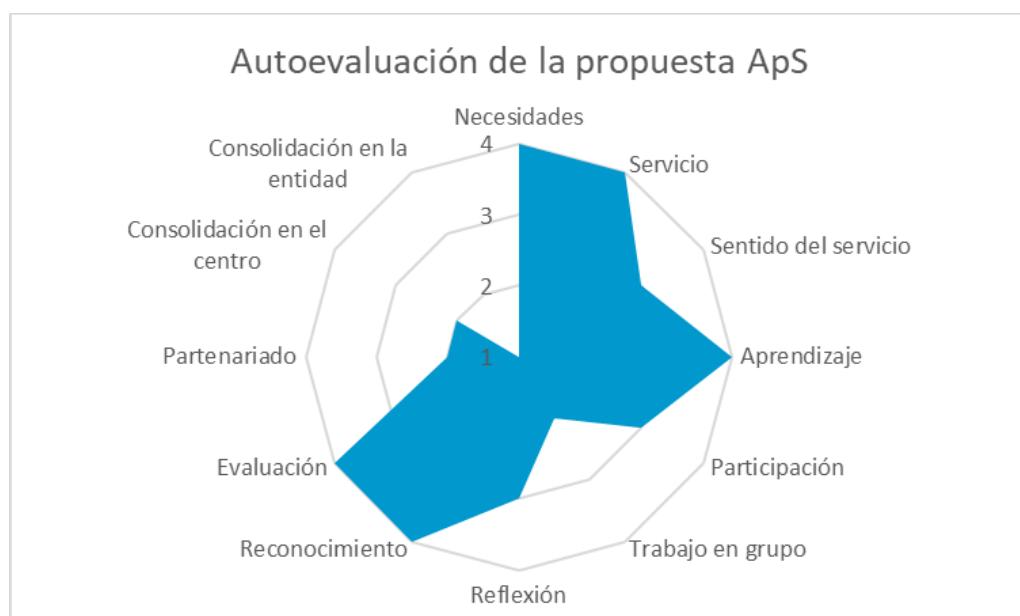
Fuente: elaboración propia

3.4. Evaluación de la propuesta

Acorde a las fases del ApS, es imprescindible la evaluación multidimensional de un proyecto ApS, ya que la reflexión sobre su optimización es sinónimo de calidad educativa. Se procede

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales con una autoevaluación teórica y crítica de la propuesta “Ciencia en la Sobrariba”. Para ello, se aplica la rúbrica de autoevaluación de proyectos ApS de Rubio et al. (2015), que permite analizar aisladamente los dinamismos básicos, pedagógicos y organizativos del ApS. Se obtiene así una evaluación global dentro de la complejidad de la propuesta, a la par que identificar ámbitos que convendría mejorar. En el siguiente gráfico en formato de araña (figura 1), se representa el grado de consecución obtenido para cada uno de los dinamismos del ApS.

Figura 1. Autoevaluación de la propuesta de intervención



Fuente: elaboración propia

Se justifica el grado de consecución obtenido en cada dinamismo. Respecto a los dinamismos básicos, se pretende que el alumnado descubra la falta de alfabetización científica y socialización, en la sesión de detección de la necesidad social (4), así como su concienciación durante todo el proyecto. El servicio es creativo (4), ya que los alumnos aplican su creatividad en la elaboración de talleres divulgativos, en base al conocimiento adquirido en el proceso indagatorio. Sin embargo, el servicio tiene un sentido cívico (3), pero no transformador, pues los alumnos dan respuesta a la necesidad social, incrementando la alfabetización científica y la socialización, pero no actúa sobre la dimensión política de la despoblación rural.

En cuanto a dinamismos pedagógicos, el aprendizaje es innovador (4), pues los conocimientos y las competencias se adquieren con la investigación y la elaboración de talleres, vinculando con el currículum educativo y el servicio a la comunidad. No obstante, la participación en el

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

proyecto del alumnado no es liderada, sino compartida con el profesor (3), pues en el intento de orientar con preguntas de investigación y una guía de elaboración del taller, la propuesta no aporta completa autonomía al alumnado. El trabajo en equipo es colaborativo (2), pues los alumnos contribuyen con tareas independientes, unidas posteriormente. Las actividades programadas de reflexión son continuas durante el proyecto (2). El reconocimiento al esfuerzo del alumnado toma una dimensión pública (4), pues el proyecto “Ciencia en la Sobrariba” se conoce en localidades rurales con carteles publicitarios y en la comunidad educativa a través de la sistematización y difusión en la página web del centro, redes sociales, periódicos y concursos. Por último, la evaluación es conjunta (4), pues el profesor aplica instrumentos que miden el grado de consecución de competencias y de estándares de aprendizaje, pero el alumnado también participa a través de la autoevaluación y la coevaluación.

En relación con dinamismos organizativos, el partenariado es dirigido (2), pues la organización educativa planifica y ejecuta las jornadas divulgativas, mientras que la entidad social, es decir, el Ayuntamiento de Valdefresno, se limita a ofrecer el espacio y las condiciones óptimas del servicio. En cuanto a la consolidación de la metodología ApS en el contexto del centro, simplemente es aceptada (2), pues constituye la primera vez que aplican un proyecto ApS, con la finalidad de abrirse al entorno. Finalmente, la consolidación del ApS en la entidad social sería incipiente (1), pues es la primera ocasión que participan en un proyecto ApS.

Con este autodiagnóstico de la propuesta “Ciencia en la Sobrariba”, en base a los dinamismos multidimensionales del ApS, se deduce que la propuesta equilibra los procesos de aprendizaje y servicio, resultando una característica fundamental de los proyectos ApS. Se considera que este equilibrio ha sido alcanzado gracias a la aplicación de las fases de esta metodología, así como el uso innovador de la divulgación científica y la ciencia en contexto en el aprendizaje. Sin embargo, ámbitos a mejorar serían el trabajo cooperativo entre alumnos y destinatarios, así como la interacción con la entidad social, es decir, el Ayuntamiento de Valdefresno.

Tras la autorreflexión, se completa la evaluación de la propuesta con tres cuestionarios para los agentes participantes del proyecto ApS “Ciencia en la Sobrariba”: un cuestionario para la futura evaluación por el profesor y dos cuestionarios de satisfacción para alumnado y destinatarios, incluidos en el anexo J “cuestionarios de evaluación de la propuesta”. Si la propuesta se aplicara, se podría cotejar si los agentes tienen la misma percepción que en la autoevaluación, con la posibilidad de mejorar dinamismos que hayan pasado desapercibidos.

4. Conclusiones

La complejidad de la sociedad demanda una educación competencial. En el ámbito científico es evidente el fracaso escolar, pues los alumnos aprenden conceptos abstractos, sin percibir su utilidad en situaciones cotidianas. Este contexto es extrapolable a la ciudadanía, ya que la falta de alfabetización científica impide tomar decisiones responsables relacionadas con la ciencia. Para mejorar este problema, se han descrito ejemplos de universidades que llevan a cabo jornadas de divulgación científica en colegios y ciudades. Sin embargo, las localidades rurales, marcadas por la despoblación en la provincia de León, son las grandes olvidadas. De hecho, nunca se han relatado talleres de divulgación científica en localidades rurales. Para responder a esta problemática, este Trabajo Fin de Máster ha cumplido su objetivo general de diseñar una propuesta de intervención basada en un proyecto de divulgación científica en zonas rurales, titulado "Ciencia en la Sobrariba", para la materia de Física y Química de 4º ESO. Para ello, se ha implementado la metodología ApS y la ciencia en contexto. Desglosando este objetivo general en sus objetivos específicos, se concluye su grado de consecución:

- El proyecto "Ciencia en la Sobrariba" cumple con el reto educativo del siglo XXI de desarrollar la educación en valores y para la ciudadanía, en una sociedad multicultural. Para ello, el ApS constituye el eje central del proyecto. Se ha seleccionado esta metodología por su característica diferenciadora: estimula el aprendizaje significativo y competencial del alumnado con la realización de un servicio, mientras que la comunidad también se beneficia. Ciertamente, este proyecto responde ante las necesidades sociales de falta de socialización y actividades culturales en localidades rurales, a la par que los alumnos se forman como ciudadanos conscientes de esta situación y comprometidos en mejorarlo, con la divulgación científica. A su vez, se han investigado y aplicado las fases del ApS, para alcanzar su principio de que aprendizaje y servicio se integran equilibradamente. Como consecuencia de establecer el ApS en el aula de ciencias, el fomento de la ciudadanía global se concreta en la competencia científica para la ciudadanía: los alumnos aprenden significativamente conceptos científicos, pero también actúan incrementando la alfabetización científica de la sociedad.

- El proyecto "Ciencia en la Sobrariba" es una propuesta de educación integral, dirigida al aprendizaje de contenidos científicos y competencias. Destaca la habilidad comunicativa a través de la divulgación científica, pues los alumnos aprenden a expresar sus conocimientos de ciencia a un público no especializado. Esta propuesta convierte la divulgación científica en

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales una metodología activa, en la que alumnos de 4º ESO aplican sus conocimientos de Física y Química en la elaboración de talleres, promoviendo aprendizajes significativos, pues cobra sentido para ellos. Para divulgar, se aplican las bases de la ciencia en contexto, seleccionando temáticas divulgativas que contextualicen conceptos científicos. Esta propuesta destaca por temáticas inusuales en la didáctica de las ciencias, relacionadas con el nivel cultural y los intereses de los habitantes de localidades rurales. Los destinatarios aprenden así ciencia relacionada con su vida cotidiana, tomando decisiones más responsables como ciudadanos.

- Las actividades divulgativas deben ser de calidad, ya que se destinan a personas. Se planifica así minuciosamente el diseño de actividades, con la premisa de que los alumnos se convierten en expertos de la temática, para aplicar sus conocimientos en la elaboración de talleres. Partiendo de la ciencia en contexto, se muestran listas de preguntas y respuestas, que contextualizan contenidos de Física y Química y Biología y Geología de 4º ESO, con un enfoque interdisciplinar. Estos listados, que guían y mantienen el interés del alumno en la investigación de la temática, están ya preparados para su ejecución en el aula de ciencias.

- Puesto que el proyecto se destina a los habitantes de la Sobrariba, se planifica el papel del centro y del Ayuntamiento de Valdefresno, en la difusión de las jornadas divulgativas por los pueblos. Se programa la sistematización y difusión de este proyecto innovador, con la presentación en concursos de ApS y de divulgación científica, así como por la página web del centro, redes sociales y periódicos locales. Se procura reconocer el esfuerzo del alumnado, aportar continuidad al proyecto y, en definitiva, que la comunidad leonesa sea consciente de la implicación de un centro educativo en trasladar la cultura científica al contexto rural.

- Constituyendo la fase final del ApS, se procede con la evaluación final de la propuesta de intervención. Puesto que un proyecto ApS es complejo y multidimensional, se reflexiona sobre el grado de consecución de los dinamismos implicados en el proyecto “Ciencia en la Sobrariba”. Se obtiene así una visión holística, a la par que se identifican variables a mejorar.

En definitiva, el proyecto “Ciencia en la Sobrariba” se presenta como una propuesta pionera en la que la educación, a través del ApS, toma la iniciativa en la transformación social de las localidades rurales de la denominada “España vaciada”, con la finalidad de que sus habitantes tengan los mismos derechos de socialización y acceso a la cultura que las zonas más pobladas. Asimismo, destaca por reformular el uso de la divulgación científica, para ser realizada por el alumnado, convirtiéndose en una nueva metodología activa en la didáctica de las ciencias.

5. Limitaciones y prospectiva

Como prospectiva, la siguiente fase de la presente propuesta de intervención podría ser su implementación en el aula de ciencias de 4º ESO, llevando a cabo unas jornadas de divulgación científica en la Sobrariba o en otros municipios rurales en contexto de despoblación. De hecho, se recomienda que el profesor contacte con la sede de la institución Cruz Roja en la provincia de León (<http://www.cruzroja.es/principal/web/leon>), pues uno de sus planes actúa ante la situación de soledad de personas mayores en localidades rurales. Se recibiría así orientación y contactos para llegar a regiones con mayor riesgo de aislamiento social. Incluso, se podría plantear una colaboración con esta entidad social, reforzando su actividad.

La implementación del proyecto "Ciencia en la Sobrariba" permitiría obtener evidencias reales del grado de consecución de los dinamismos de ApS, destacando el aprendizaje significativo en los alumnos de conceptos científicos y competencias, en especial, la comunicación y valores para la ciudadanía, así como el fomento de la alfabetización científica y las oportunidades de socialización en destinatarios de localidades rurales. Asimismo, podrían coexistir limitaciones, considerando su abordamiento. Esta propuesta ofrece una alternativa para trabajar conceptos de Física y Química y Biología y Geología establecidos por el currículum, pero con diferentes objetivos, contenidos, criterios de evaluación, estándares, metodologías y recursos. Es decir, el aprendizaje activo de conceptos académicos tiene lugar a través de la divulgación científica, con temáticas contextualizadas de interés para localidades rurales. Es probable que el profesor opte por aplicar los elementos establecidos del currículum. Por tanto, el proyecto podría proponerse como una actividad de ampliación voluntaria, para alumnado con un expediente académico óptimo o con interés por la ciencia. Su participación supondría un aprendizaje científico y competencial, reflejándose en mejores resultados en las asignaturas.

Esta propuesta también exige procesos de indagación, elaboración y exposición de talleres de máxima calidad, lo que podría resultar complejo para alumnos sin una adecuada formación en competencias, como la comunicación. Sería posible un refuerzo competencial transversal en sesiones adicionales Física y Química o en otras materias. De hecho, se sugieren actividades de desarrollo de competencias en cursos previos, de modo que los estudiantes tengan la base necesaria en 4º ESO para desempeñar divulgación científica. Por último, podría plantearse un proyecto multidisciplinar, con nuevas actividades desde diferentes asignaturas y cursos.

Referencias bibliográficas

- Aguilera, D. y Perales, F. J. (2017). ¿Qué implicaciones educativas sugieren los estudios empíricos sobre actitud hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias, N° extraordinario*, 3901-3905. <https://ddd.uab.cat/record/183809?ln=es>
- Álvarez, C., López, M. E., Neira, M. y Pazos, M. (2010). Química en contexto: un accidente químico y la reacción del sodio con el agua. *Educació Química EduQ*, (6), 37-42. <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.46>
- Armisén, D., Imaz, C., Prieto, C. y Vallecillo, L. (2020). Ciudadanía global y aprendizaje-servicio. *Comillas Journal of International Relations*, (19), 100-106. <https://doi.org/10.14422/cir.i19.y2020.008>
- Camaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación química*, 29(1), 21-54. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63686>
- Champagne, N. (2006). Service Learning: Its origin, evolution, and connection to health education. *American Journal of Health Education*, 37(2), 97-102. <https://doi.org/10.1080/19325037.2006.10598885>
- Davies, S. R., Halpern, M., Horst, M., Kirby, D. A. y Lewenstein, B. (2019). Science stories as culture: experience, identity, narrative and emotion in public communication of science. *Journal of Science Communication*, 18(5), 1-17. <https://doi.org/10.22323/2.18050201>
- deKoven, A. y Trumbull, D. J. (2002). Science graduate students doing science outreach: Participation effects and perceived barriers to participation. *Electronic Journal of Science Education*, 7(1). <http://scholarlyexchange.org/ojs/index.php/EJSE/article/view/7696>
- Domènech, J. (2017). Comprender, decidir y actuar: una propuesta-marco de competencia científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15(1), 1105. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1105
- Galvão, T., Felicio, C. M., Ferreira, J. C. y Noll, M. (2020). Scientific journalism as an educational practice: an experience report of the collective construction of a "Science Clothesline". *SAGE Journals*, 42(2), 1-12. <https://doi.org/10.1177/1075547020909467>

- “Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales
- García, J. y Ruiz, M. (2018). *Aprendizaje-servicio: los retos de la evaluación*. Narcea Ediciones.
- Gavidia, V. (2005). Los retos de la divulgación y enseñanza científica en el próximo futuro. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (19), 91-102. <http://hdl.handle.net/11162/22428>
- Giles, D. E. y Eyler, J. (1994). The theoretical roots of Service-Learning in John Dewey: Toward a theory of Service-Learning. *Michigan Journal of Community Service Learning*, 1(1), 77-85. <https://digitalcommons.unomaha.edu/slceslgen/150/>
- González, E. (2019). Transformar la educación para cambiar el mundo. En González, E. y Mínguez, R. (coords.), *Transformar la educación para cambiar el mundo. I Jornadas Nacionales de Educación para el Desarrollo y Objetivos de desarrollo sostenible* (pp. 17-27). Región de Murcia. <http://hdl.handle.net/10201/102901>
- Hendrickson, J. L., Bye, T. K., Cockfield, B. A., Carter, K. R. y Elmer, S. J. (2020). Developing a science outreach program and promoting “PhUn” all year with rural K–12 students. *Advances in Physiology Education*, 44(2), 212-216. <https://doi.org/10.1152/advan.00196.2019>
- LaRiviere, F. J., Miller, L. M. y Millard, J. T. (2007). Showing the True Face of Chemistry in a Service-Learning Outreach Course. *Journal of Chemical Education*, 84(10), 1636-1639. <https://doi.org/10.1021/ed084p1636>
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 106, de 4 de mayo de 2006, 17158-17207. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2>
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 295, de 10 de diciembre de 2013, 97858-97921. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2013/12/09/8>
- López, A. y Martín, N. (2020). Aprendizaje-servicio (ApS): aprender desde la responsabilidad social. *Campo Abierto, Revista de Educación*, 40(1), 1-4. <https://mascvuex.unex.es/revistas/index.php/campoabierto/article/view/3950>
- López, B. (2020). Fake news e infodemia científica durante la Covid-19, ¿dos caras de la misma crisis informacional? *Anuario ThinkEPI* 2020, 14, 1-8. <https://doi.org/10.3145/thinkepi.2020.e14e07>

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

Marchán, I. y Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*, 26(4), 267-274. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.06.001>

Martín, X., Bär, B., Gijón, M., Puig, J. M. y Rubio, L. (2020). El mapa de los valores del aprendizaje-servicio. *Alteridad. Revista de Educación*, 16(1), 12-22. <https://doi.org/10.17163/alt.v16n1.2021.01>

Mayor, D. (2019). Dimensiones pedagógicas que configuran las prácticas de aprendizaje-servicio. *Páginas de Educación*, 12(2), 23-42. <https://doi.org/10.22235/pe.v12i2.1834>

Mendia, R. (2016). El aprendizaje-servicio: una metodología para la innovación educativa. *Convives*, (16), 20-26. <https://convivesenlaescuela.blogspot.com/2016/12/revista-convives-n-16-aprendizaje.html>

Merritt, E. K. y Merritt, B. O. (2017). Educational outreach as a simple, yet effective, service-learning opportunity for exercise science students. *Advances in Physiology Education*, 41(3), 428-431. <https://doi.org/10.1152/advan.00195.2016>

Ministerio de Educación y Formación Profesional (2018). *PISA 2018. Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. Informe español*. <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/d/23505/19/00>

Moraga, S., Espinet, M. y Merino, C. (2019). El contexto en la enseñanza de la química: Análisis de secuencias de enseñanza y aprendizaje diseñadas por profesores de ciencias de secundaria en formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16(1), 1604. <https://dx.doi.org/10.25267/>

Muñoz, V., Franco, A. J. y Blanco, A. (2020). Integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Valoraciones de estudiantes de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3). <https://doi.org/10.25267/>

Ochoa, A. y Pérez, L. (2019). El aprendizaje servicio, una estrategia para impulsar la participación y mejorar la convivencia escolar. *Psicoperspectivas*, 18(1), 1-13. <http://dx.doi.org/10.5027/psicoperspectivas-vol18-issue1-fulltext-1478>

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

OECD. (2018). *Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA). Resultados de PISA 2018. España.* https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_esp_ESP.pdf

Olmedo, J. C. (2011). Educación y divulgación de la Ciencia: tendiendo puentes hacia la alfabetización científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(2), 137-148. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i2.01

Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 25, de 29 de enero de 2015, 6986-7003. <https://www.boe.es/eli/es/o/2015/01/21/ecd65>

Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Oficial de Castilla y León*, núm. 86, de 8 de mayo de 2015, 32051-32480. <https://bocyl.jcyl.es/boletines/2015/05/08/pdf/>

Osborne, J. F. y Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: a necessary distinction? *Wiley Online Library*, 627-638. <https://doi.org/10.1002/sce.20438>

Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 177-196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>

Pérez, L. M. y Ochoa, A. C. (2017). El aprendizaje-servicio (APS) como estrategia para educar en ciudadanía. *Alteridad. Revista de Educación*, 12(2), 175-187. <https://doi.org/10.17163/>

Ponzio, N. M., Alder, J., Nucci, M., Dannenfelser, D., Hilton, H., Linardopoulos, N. y Lutz, C. (2018). Learning Science Communication Skills Using Improvisation, Video Recordings, and Practice, Practice, Practice. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 19(1), 1-8. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v19i1.1433>

Programa Nacional Educación Solidaria. (2015). *Itinerario y herramientas para desarrollar un proyecto de aprendizaje-servicio*. Dirección Nacional de Políticas Socioeducativas. http://168.83.90.80/edusol/archivos/2014_itinerario.pdf

Puig, J. M., Gijón, M., Martín, X. y Rubio, L. (2011). Aprendizaje-servicio y educación para la ciudadanía. *Revista de educación*, (extraordinario), 45-67. http://www.revistaeducacion.educacion.es/re2011_03.htm

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 3, de 3 de enero de 2015, 169-546. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/12/26/1105>

Red Española de Aprendizaje-Servicio. (s. f.). *Aprender haciendo un servicio a la comunidad*. <https://www.aprendizajeservicio.net/que-es-el-aps/>

Redondo, P. (2019). La metodología aprendizaje-servicio desde el enfoque de educación para la ciudadanía global. *Padres y maestros*, (380), 60-64. <https://doi.org/10.14422/>

Rubio, L., Puig, J. M., Martín, X. y Palos, J. (2015). Analizar, repensar y mejorar los proyectos: una rúbrica para la autoevaluación de experiencias de aprendizaje servicio. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 19(1), 111-126. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56738729007>

Sahagún Digital. (2018, febrero 8). Semana de la Ciencia en el IES de Sahagún. *Sahagún Digital*. <http://sahagundigital.com/art/6638/semana-de-la-ciencia-en-el-ies-de-sahagun>

Seguí, J. M., Poza, J. L. y Mulet, J. M. (2015). *Estrategias de divulgación científica*. Editorial Universitat Politècnica de València.

Tomat, E. (2020). Chemistry Discovery: A Service-Learning Outreach Course Produces a Workshop Series for Middle-School Students. *Journal of Chemical Education*, 97(11), 4019-4025. <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00475>

Torres, N., Bolívar, A., Solbes, J. y Parada, M. (2018). Percepciones de estudiantes universitarios sobre su formación en física en educación secundaria. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2). <https://doi.org/10.31910/>

UNESCO. (2019). *Punto de vista: Cómo fomentar la ciudadanía global a través de la educación*. <https://es.unesco.org/punto-vista-como-fomentar-ciudadania-global-traves-educacion>

Uruñuela, P. M. (2018). *La metodología del aprendizaje-servicio: aprender mejorando el mundo*. Narcea Ediciones.

Zaragoza, C. y Fernández, J. M. (2020). La enseñanza de las ciencias en la educación no formal a todos los niveles. *INNODOC 2020*, 277-286. <https://doi.org/10.1002/sce.20438>

Zerbikas Fundazioa. (s. f.). *Guías prácticas*. <http://www.zerbikas.es/guias-practicas/>

Anexo A. Objetivos curriculares de etapa

Esta propuesta se diseña en base a los siguientes objetivos curriculares de etapa, de los descritos en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

- OE1. Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos, ejercitarse en el diálogo afianzando los derechos humanos y la igualdad de trato y de oportunidades entre mujeres y hombres, como valores comunes de una sociedad plural y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática.
- OE2. Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.
- OE3. Fortalecer sus capacidades afectivas en todos los ámbitos de la personalidad y en sus relaciones con los demás, así como rechazar la violencia, los prejuicios de cualquier tipo, los comportamientos sexistas y resolver pacíficamente los conflictos.
- OE4. Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.
- OE5. Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.
- OE6. Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.
- OE7. Comprender y expresar con corrección, oralmente y por escrito, en la lengua castellana y, si la hubiere, en la lengua cooficial de la Comunidad Autónoma, textos y mensajes completos, e iniciarse en el conocimiento, la lectura y el estudio de la literatura.
- OE8. Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de los demás, así como el patrimonio artístico y cultural.

OE9. Conocer y aceptar el funcionamiento del propio cuerpo y el de los otros, respetar las diferencias, afianzar los hábitos de cuidado y salud corporales e incorporar la educación física y la práctica del deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Conocer y valorar la dimensión humana de la sexualidad en toda su diversidad. Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado de los seres vivos y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora.

OE10. Apreciar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.

Anexo B. Detección de la necesidad social

Descripción de las tareas y los recursos de la sesión de detección de la necesidad social

Previamente en sus hogares, los alumnos visualizan el documental "Valdefresno, tierra de lucha" (<https://www.youtube.com/watch?v= etlrxED1kY&t=1600s>). En este video, se relatan las costumbres de la Sobrariba, una conocida comarca rural de 20 pueblos, cuyo municipio es Valdefresno, ubicado a escasos kilómetros de la capital leonesa. Habitantes e historiadores describen la vida cotidiana, el trabajo y las tradiciones de una población arraigada a su tierra. Se muestra cómo, durante décadas previas, los habitantes luchaban por mantener a sus familias, en un entorno rural de extrema dureza, pero a la par de un enriquecimiento cultural, muy diferente al actual. En especial, se habla de la fuerte tradición religiosa, con el culto en las iglesias, las romerías, los pendones o la Semana Santa. Asimismo, se expone la evolución de las festividades de los pueblos, las competiciones de lucha leonesa o la actividad agrícola y ganadera de esta región de secano, a lo largo del siglo XX.

En la sesión, se comienza aclimatando el aula con la proyección de un video resumido del documental (<https://www.youtube.com/watch?v=SNp9NA8JYS8>). A continuación, el profesor pregunta a los alumnos en qué pueblos habitan o, para los que viven en la ciudad, de dónde descienden sus familias. La mayoría vivirán o descenderán de pueblos de la Sobrariba, así como de comarcas cercanas. Puesto que el alumnado suele tener un fuerte sentimiento de pertenencia a sus pueblos, el profesor habrá captado su atención.

Se procede con la fase de detección de la necesidad social del ApS. Para ello, el profesor pregunta a los alumnos si, tras visualizar las costumbres y tradiciones de la Sobrariba durante el siglo pasado, qué contraste observan respecto a la situación actual. Los estudiantes comparten experiencias con sus compañeros, realizando una mirada crítica a su alrededor. El profesor procura que alcancen la siguiente conclusión: con la evolución económica, social y laboral del país, los habitantes de los pueblos de la Sobrariba y, de otras regiones rurales, se han mudado a la capital leonesa u a otras ciudades, en búsqueda de nuevas oportunidades laborales. Este hecho ha desembocado en la despoblación de estas localidades rurales y, en consecuencia, la pérdida de tradiciones y costumbres, las cuales suponían puntos de encuentro para los lugareños. En consecuencia, las oportunidades de socializar para los que todavía habitan en los pueblos, mayoritariamente personas de edad avanzada, se han

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales reducido considerablemente. No obstante, el Ayuntamiento de Valdefresno y los centros culturales de los pueblos de la Sobrariba han aunado esfuerzos durante los últimos años, fomentando las viejas tradiciones, así como nuevas actividades culturales, como música o gimnasia. Sin embargo, todavía existe un enorme margen de mejora.

Se avanza hacia el siguiente aspecto imprescindible del ApS: tras la detección de la necesidad social, los alumnos reflexionan sobre cómo pueden contribuir a mejorar esta situación. Para ello, el profesor vuelve a preguntar a los alumnos: “Hemos llegado a la conclusión de que los habitantes de los pueblos necesitan más oportunidades para socializar; desde la asignatura de Física y Química y como estudiantes con un gran conocimiento científico, ¿cómo podríais contribuir?”. Los alumnos realizan con una lluvia de ideas. El profesor los guia comentando que, los lugareños poseen un inmenso conocimiento de actividades cotidianas de los pueblos en los que tienen lugar procesos físicos, químicos o biológicos, pero que, debido a su contexto educativo, desconocen este trasfondo científico. Además, aunque existen jornadas de divulgación de ciencia en la ciudad, para reducir el desconocimiento científico de la ciudadanía, patente durante la crisis sanitaria de la Covid-19, no se ofrece esta posibilidad en las localidades rurales. Se busca que el alumnado concluya que puede divulgar ciencia en los pueblos, incrementando el conocimiento científico de sus habitantes, así como nuevas oportunidades de socialización.

Finalmente, el profesor comunica a los alumnos que van preparar en el centro educativo unas jornadas de divulgación científica, que ejecutarán en cinco pueblos de la Sobrariba. Dado el sentimiento de pertenencia a estas localidades rurales y la conciencia de que pueden contribuir a una necesidad de los mismos, los discentes se comprometen en la ejecución de las jornadas de divulgación. Se alcanza así el siguiente punto del ApS: el compromiso. La siguiente fase constituirá el diseño de la acción de servicio.

El profesor finaliza la sesión informando al alumnado que las jornadas constan de tres actividades divulgativas. Concretamente, grupos de ocho alumnos establecidos por el profesor (equipos I, II y III), divididos, a su vez, en subgrupos de dos alumnos (Ia, Ib, Ic, Id, IIa, IIb, IIc, IId, IIIa, IIIb, IIIc y IIId), aprenden de forma colaborativa para alcanzar un objetivo común, elaborar un taller divulgativo. Por tanto, el profesor también transmite a qué grupo y subgrupo pertenece cada alumno.

Referencias bibliográficas

Barreñada, A. (2018, noviembre 11). *Valdefresno, Sobrariba, tierra de lucha (v. resumen)* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=SNp9NA8JYS8>

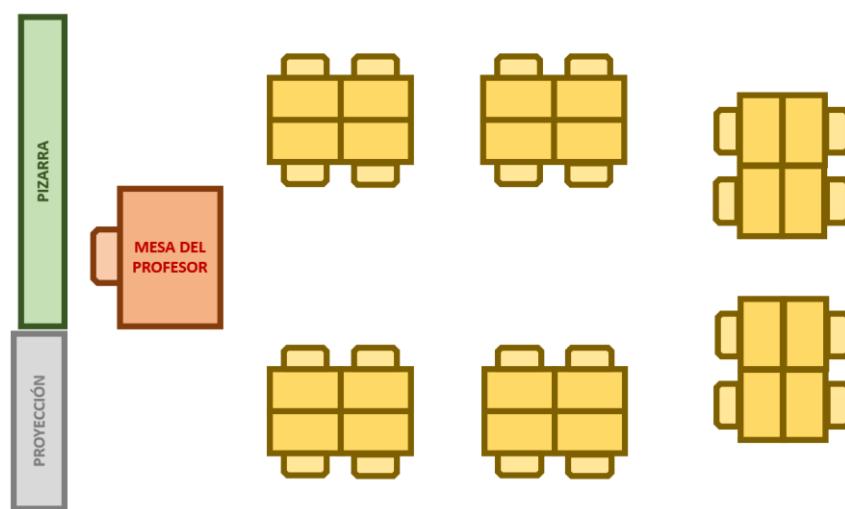
Barreñada, A. (2020, marzo 17). *Valdefresno, Sobrariba: Tierra de Lucha (full video)* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=_etIxuD1kY&t=1600s

Anexo C. Diseño de la acción de servicio: "control de plagas"

a. Sesión introductoria

Descripción de las tareas y los recursos de la sesión introductoria

En el aula, se constituyen grupos cuatro alumnos (figura complementaria 2), juntando sus mesas para ello. Cada estudiante recibe una tableta. Inicialmente, el profesor formula la pregunta “¿Qué es la Agenda 2030?”, invitando al alumnado a realizar una lluvia de ideas sobre desarrollo sostenible. Tras captar así su atención, el profesor proyecta un video sobre los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), destacando el papel de la ciudadanía en proteger el planeta (<https://www.youtube.com/watch?v=MCKH5xk8X-g>). Para aquellos estudiantes que quieran profundizar, el profesor les envía por correo electrónico las páginas web oficiales de Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>) y la Agenda 2030 del Gobierno de España (<https://www.agenda2030.gob.es/>). El docente indica que la agricultura sostenible constituye una de las claves para alcanzar estos objetivos. A continuación, los alumnos trabajan en grupo, leyendo en sus tabletas un artículo de Rainforest Alliance (<https://thefrogblog.es/2019/10/11/que-es-agricultura-sostenible/>), sobre principios y medidas de la agricultura sostenible, y seleccionando conceptos clave, como cambio climático, deforestación, sequías, inundaciones, enfermedades, métodos agrícolas sostenibles, conservación forestal, comercio local, condiciones laborales, igualdad de género, suelo fértil, conservación del agua o el manejo integrado de plagas y malezas. Seguidamente, los grupos ponen en común y comentan estos aspectos, mientras el docente los apunta en la pizarra. El profesor también envía la página web oficial del Instituto de Agricultura Sostenible del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), para alumnos interesados (<https://www.ias.csic.es/>). Finalmente, comunica que el equipo I preparará un taller de divulgación sobre la Gestión Integrada de Plagas (GIP), entendida como buenas prácticas agrícolas para reducir plagas, incluyendo el uso responsable de productos fitosanitarios. De este modo, el equipo I es consciente de su papel en proporcionar información útil y relevante sobre esta actividad agrícola sostenible a sus destinatarios agricultores, para que posteriormente ellos puedan contribuir también en los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Figura complementaria 1. Agrupamientos de cuatro alumnos en el aula

Fuente: elaboración propia

Después de la sesión introductoria, el profesor publica un mensaje de bienvenida en el chat del "Equipo I" de Teams, en que se proporciona una descripción general de la actividad, con sus fases y los criterios de calificación e instrumentos de evaluación. La finalidad es orientar a los miembros del equipo I en la consecución del objetivo final y que conozcan qué se espera de ellos. Asimismo, se reseña la obligatoriedad de emplear fuentes bibliográficas fidedignas, adjuntando el enlace de un artículo sobre pautas para identificar información fiable en internet.

Publicación de bienvenida y presentación de la actividad en Teams

Bienvenidos miembros del equipo I,

Vuestra misión constituye elaborar un taller de divulgación sobre "Control de plagas", trabajando por subgrupos. En abril y mayo, os encargaréis de difundir este taller entre habitantes de cinco pueblos del Ayuntamiento de Valdefresno, por lo que debéis poner vuestro máximo interés. En la pestaña "Archivos" de Teams, tenéis los criterios de calificación y los instrumentos de evaluación que emplearé en la evaluación continua de esta actividad, para que sepáis qué espero de vuestra participación en equipo.

Esta actividad se divide en cuatro partes:

- En la primera parte, cada subgrupo buscará información sobre “control de plagas”. Para guiaros, os formularé periódicamente preguntas, mediante publicaciones en el Teams, por lo que debéis consultarla. Asimismo, cada subgrupo publicará sus respuestas por la misma vía. Mientras no respondáis, no formularé la siguiente pregunta, por lo que debéis trabajar en ello continuamente. Esta parte tiene una duración de tres semanas. Las respuestas argumentadas deben acompañarse de bibliografía, es decir, la página web en la que justificáis vuestra aportación. Recomiendo emplear, principalmente, información de organismos oficiales, periódicos o revistas especializadas (no se permite utilizar Wikipedia). La siguiente página ofrece trucos para identificar información fiable en internet: <https://www.genbeta.com/afondo/9-herramientas-y-otros-trucos-para-identificar-la-informacion-mas-fiable-en-internet>
- En la segunda parte, elaborareis un taller divulgativo, partiendo de la información buscada. Comenzaremos con una reunión presencial, en una sala de reuniones, durante una sesión de Física y Química, donde os indicaré pautas y concretaremos cómo será el taller. Durante una semana, ensayaréis la exposición del taller y prepararéis todos los materiales necesarios. Seguidamente, mediante una videoconferencia grabada, realizareis un simulacro online del taller, que podréis volver a visualizar posteriormente. Tras otra semana de ensayo en casa, practicaremos y perfeccionaremos el taller juntos durante dos recreos.
- En la tercera parte, expondréis el taller delante de vuestros compañeros, en una clase presencial de Física y Química. Ellos os indicarán si han comprendido la información, si les ha gustado o posibles sugerencias. Finalmente, toda la clase realizareis un ejercicio (elaborado por mí), para conocer vuestro grado de comprensión de los conceptos.
- En la cuarta parte, expondréis vuestro taller a los destinatarios, en cinco jornadas de divulgación científica, en cinco localidades de la Sobrariba. Tendrá lugar en cinco fines de semana a lo largo de abril y mayo. Os informaré sobre novedades y gestión.

b. Proceso indagatorio

Publicación de presentación del proceso de indagación de la actividad

Bienvenidos de nuevo miembros del equipo I,

Comenzamos con la primera parte: búsqueda de información sobre “control de plagas”. Este proceso indagatorio se divide en diez preguntas que publicaré periódicamente en Teams, formuladas de una en una, para guiaros en vuestro proceso de investigación. Para cada pregunta, cada subgrupo buscará información y aportará su correspondiente respuesta. Debéis responder a estas preguntas, ya que, de lo contrario, no corregiré vuestras aportaciones ni publicaré una nueva pregunta. Recordaros que todas vuestras aportaciones deben apoyarse en fuentes bibliográficas fiables (podéis adjuntar los enlaces web en vuestras respuestas).

¡Vamos allá!

Descripción de los contenidos indagados en cada pregunta

Se detalla una descripción de los contenidos indagados por los miembros del equipo I sobre la temática de control de plagas, mediante preguntas planteadas por el profesor:

Pregunta 1. El proceso de indagación comienza con identificar el significado de la Gestión Integrada de Plagas (GIP), entendida como la normativa española que regula el uso sostenible de fitosanitarios, para el tratamiento de plagas en los cultivos, así como la Directiva y el Real Decreto en el que se fundamenta. Los alumnos adquieren nociones de legislación, a través de la búsqueda en páginas web oficiales, como la del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, el Boletín Oficial del Estado (BOE) o EUR-lex con normativa europea.

Pregunta 2. Los subgrupos hallan las fases establecidas de la GIP, a las cuales se ciñen los agricultores para tratar una plaga: búsqueda de información en las Guías de Gestión Integrada de Plagas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, monitorización de la extensión y gravedad de la plaga, registro de la actuación, compra del producto fitosanitario en un punto de venta autorizado, aplicación del producto, almacenamiento acorde a las medidas de seguridad y reciclaje. La investigación sucesiva, en las siguientes preguntas, se centra en estas fases de la GIP. Dicha búsqueda se realizará a través de la sección “medios de defensa fitosanitaria”, de la página web oficial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Pregunta 3. En la fase de actuación ante una plaga, la medida tradicional es la aplicación de productos químicos. Sin embargo, los alumnos localizan otros métodos más sostenibles, como las medidas de prevención o culturales y los medios biológicos o biotecnológicos, con uso preferente frente a los fitosanitarios químicos. Para ello, realizan una búsqueda en las Guías de Gestión Integrada de Plagas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, suponiendo la primera toma de contacto con las mismas, ya que cobran gran importancia en preguntas posteriores.

Pregunta 4. Para captar la atención de los futuros destinatarios en el taller sobre control de plagas, es importante contextualizar con ejemplos de plagas comunes y cultivos afectados en la Sobrariba. Los subgrupos buscan ejemplos preguntando a familiares que viven o desciendan de esta región. De forma interdisciplinar, el profesor aprovecha para repasar la clasificación de los seres vivos en reinos, ya que deben distinguir plagas de insectos, hongos o protozoos, pues el tratamiento de la plaga sería diferente. El docente alerta de que el término, con el que comúnmente se conoce a una plaga en la Sobrariba, puede corresponderse con el nombre de la enfermedad o el nombre científico del ser vivo. En este último caso, el profesor resume la nomenclatura taxonómica de los seres vivos, para que no cometan errores en su redacción.

Pregunta 5. Partiendo de un ejemplo de plaga y cultivo afectado, de la pregunta anterior, los subgrupos buscan las medidas de actuación, descritas en la pregunta 3, autorizadas para este ejemplo. Esta búsqueda se realiza a través de la Guías de Gestión Integrada de Plagas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Resulta imprescindible que los alumnos aprendan a trabajar con ellas, ya que este procedimiento de búsqueda será explicado al público. De este modo, los destinatarios podrán localizar, en un futuro, las medidas autorizadas para una plaga y cultivo de su interés, aplicando así procedimientos más sostenibles en el tratamiento.

Pregunta 6. En la pregunta previa, los alumnos identifican, en las Guías de Gestión Integrada de Plagas, las medidas de prevención o culturales y las biológicas o biotecnológicas, para una plaga y cultivo concretos. Sin embargo, estas Guías no describen qué productos fitosanitarios autorizados pueden aplicarse, dentro de los medios químicos. Para identificarlos, los alumnos buscan principios activos en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. A través de la selección de un principio activo concreto,

buscado en el Registro, los subgrupos localizan el nombre comercial, la empresa, el número de registro y la ficha oficial. Esta ficha oficial será analizada en preguntas posteriores.

Pregunta 7. Tras la búsqueda de medidas autorizadas frente a ejemplos de plagas y cultivos de la Sobrariba, constituyendo la primera fase de la GIP, los alumnos se centran en la fase de compra de un producto o asesoramiento en un punto de venta autorizado. Por tanto, aprenden a realizar búsquedas de puntos autorizados en el Registro Oficial de Productores y Operadores de medios de defensa fitosanitaria (ROPO). El profesor aprovecha para mencionar que todos los operadores, es decir, personas que utilizan fitosanitarios, deben tener autorización, explicando resumidamente el procedimiento para obtener un carné de operador, así como consultar su propio registro en ROPO.

Pregunta 8. Otra fase de la GIP es la aplicación de medidas de seguridad en el manejo y almacenamiento de productos fitosanitarios químicos, las cuales no suelen ser comprendidas ni aplicarse por los destinatarios. A partir de la ficha oficial de un producto químico concreto, descargada en la pregunta 6, los alumnos aprenden a interpretar pictogramas e indicadores de seguridad.

Pregunta 9. Del mismo modo, destaca el desconocimiento de los destinatarios en el uso de Equipos de Protección Individual (EPIS) en la aplicación de fitosanitarios. A través de catálogos comerciales, los subgrupos investigan los EPIS adecuados para cada parte del cuerpo.

Pregunta 10. Tras esta contextualización en la GIP, los alumnos son conscientes de que la mayoría de productos fitosanitarios químicos constan de una molécula orgánica como principio activo. Puesto que se acaba de impartir la unidad didáctica de química orgánica, los subgrupos localizan los grupos funcionales orgánicos en la fórmula desarrollada de principios activos buscados, en la pregunta 6, en el Registro de Productos Fitosanitarios.

Publicaciones de las preguntas de indagación en Teams con los modelos de respuesta

- Pregunta 1

Empezamos con la primera pregunta. Aunque ya lo hemos mencionado en clase: ¿Qué es la Gestión Integrada de Plagas o GIP? A su vez, estas actuaciones están estrictamente reguladas

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales por la legislación española. ¿Qué es una Directiva y un Real Decreto? ¿Sabéis en qué Directiva y en qué Real Decreto se fundamenta la GIP?

Pista: en la página web oficial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España encontraréis la mayoría de la información.

Respuesta modelo. La Gestión Integrada de Plagas (GIP) constituye un conjunto de estrategias cuyo objetivo es un uso racional de productos fitosanitarios en cultivos con enfermedades, evitando su aplicación en situaciones en las que no resulte necesario. De este modo, se avanza en sanidad vegetal de las explotaciones agrícolas y en el empleo sostenible de productos fitosanitarios. A su vez, estas buenas prácticas sostenibles mantienen las plagas de los cultivos por debajo de los umbrales establecidos, aseguran la rentabilidad económica para los agricultores y, sobre todo, respetan el medio ambiente y la salud del agricultor y del consumidor. La información está disponible en el apartado “Medios de defensa fitosanitaria”, de la página web oficial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp>).

Una directiva es una regulación legislativa de la Unión Europea, en la que se establecen objetivos que todos los países miembros deben conseguir. Le corresponde a cada país establecer sus propias leyes para alcanzar dichos objetivos (https://europa.eu/european-union/law/legal-acts_es). En España, una directiva se transpone al ordenamiento nacional a partir de Reales Decretos. La Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se establece el marco de actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de plaguicidas (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:32009L0128>) se transpone al Real Decreto 1702/2011, de 18 de noviembre, de inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios (<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-19296>) y el Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios (<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2012-11605>). El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación ha elaborado un Plan de Acción Nacional de 2018 a 2022 que engloba las actuaciones para la consecución de estos objetivos de agricultura sostenible (https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/pan18-22v2_tcm30-

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales [437711.pdf](https://www.academia.edu/437711.pdf)). En definitiva, la normativa española regula el uso de fitosanitarios para el control de plagas. Por tanto, siempre que un agricultor vaya a sulfatar, debe guiarse por la GIP para aplicar esta práctica de forma legal.

- Pregunta 2

Ya sabemos que para controlar una plaga debemos ceñirnos a la GIP establecida por la legislación española. Si un agricultor tiene un cultivo afectado por una plaga, ¿cuáles son los pasos de la GIP que debe seguir? En esta pregunta debéis incluir también en qué consisten las Guías de GIP y cómo se clasifican dichas Guías.

Respuesta modelo. Los pasos de la GIP se resumen en el siguiente video del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: <https://www.youtube.com/watch?v=bH63UA3HVwl>. A continuación, se describen los pasos de la GIP:

- Si un cultivo está afectado por una plaga, el agricultor debe informarse en las Guías de Gestión Integrada de Plagas (GIP), publicadas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/guias-gestion-plagas/>). Estas guías son documentos técnicos que recogen las estrategias contra plagas, orientando al agricultor en una solución sostenible. Existen 35 guías que recogen las actuaciones ante cada plaga, unificadas según el grupo de plantas: viñedo (uva de transformación y uva de mesa), olivar, cítricos, subtropicales (platanera y chirimoyo), frutales no cítricos (de pepita, de hueso, almendro, avellano, kiwi, pistacho, castaño, nogal), cultivos herbáceos (cereales, maíz, arroz, alfalfa, leguminosas), industriales (patata, tabaco, algodón, girasol, remolacha), hortícolas (brassicas, champiñón y setas, hortícolas de hoja, liliáceas, fresa y fresón, alcachofa y cardo), forestales (quercus, frondosas, eucalipto) y usos no agrarios (parques y jardines y redes de servicio).
- Posteriormente, el agricultor monitorea la extensión y gravedad de la plaga en los cultivos. Si lo necesita, consultará a un asesor para analizar cómo actuar, tomando así una decisión sobre el manejo fitosanitario de la planta.
- Se procede con la actuación. Dicha actuación debe reflejarse en el cuaderno de explotación.

- Se compra el producto fitosanitario en un punto de venta autorizando, usando un carnet de usuario profesional en regla.

- Una vez comprando, el producto debe almacenarse en un lugar seguro y bien ventilado. Tanto en su manejo como almacenamiento, deben cumplirse las medidas de seguridad mostradas en la etiqueta oficial del producto.

- Mientras se aplica el producto, debe mantenerse cierta distancia respecto a los puntos de agua, para evitar contaminaciones. El agricultor también debe llevar Equipos de Protección Individual (EPIS) durante la aplicación del producto.

- Terminada la aplicación del producto, se entrega para su reciclaje en un punto de gestión de envases fitosanitarios.

- **Pregunta 3**

Como habéis visto, uno de los pasos de la GIP es la actuación o aplicación de medidas fitosanitarias ante plagas. El ejemplo típico es el empleo de sulfatos. No obstante, existen alternativas. Tenéis que buscar y clasificar los tipos de actuaciones fitosanitarias. Pista: os pueden orientar las Guías de GIP.

Os adelanto que un tipo de actuación es el uso de medios químicos. No se puede usar cualquier producto, sino que existe una lista de productos fitosanitarios autorizados por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. ¿En qué página web podría consultar estos productos químicos un agricultor? ¿Qué métodos de consulta ofrece esta página?

Respuesta modelo. Se establecen tres medios de actuación. El agricultor debe asesorarse sobre la medida más indicada para su cultivo, en función de la localización, así como el tipo y extensión de la plaga.

- Medios químicos: productos químicos fitosanitarios autorizados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Pueden consultarse en el Registro de Productos Fitosanitarios (<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp>). Este Registro ofrece varios métodos para consultar los productos fitosanitarios autorizados: consulta por número de registro, por nombre, por sustancia activa

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales o por plagas, entre otros. Incluye productos químicos como insecticidas, acaricidas, fungicidas, herbicidas, antibióticos o bactericidas.

- Medios biológicos y biotecnológicos: predadores naturales o trampas con feromonas.
- Medidas de prevención o culturales: deben aplicarse estas medidas en la mayor medida posible, para evitar el empleo de medios químicos, biológicos o biotecnológicos. Consiste en la creación de condiciones desfavorables para la plaga, previniendo o retardando la enfermedad o minimizando sus efectos. Las prácticas culturales se agrupan en saneamiento, prácticas de manejo del cultivo y exclusión. Para profundizar en estas prácticas, consultar https://infoagro.com/hortalizas/manejo_plagas.htm

- **Pregunta 4**

¿Cuáles son las plagas y los tipos de cultivos afectados más comunes en la región de la Sobrariba? Podéis preguntar a vuestros familiares. Si no halláis ninguno, investigar en internet ejemplos de cultivos en la provincia de León y las plagas habituales que los afectan.

Respuesta modelo. En el municipio de Valdefresno, algunas de las plagas más comunes son las siguientes: insectos como el pulgón, la cochinilla y la carpocapsa o ácaros como la araña roja que afectan a árboles frutales (perales, manzanos, etc.), la mosca blanca que ataca a las brassicas (hortalizas como la coliflor o el brócoli) o la oruga procesionaria del pino. Asimismo, las plagas de hongos son muy frecuentes, como los géneros *Botrytis* causante de la podredumbre gris, *Phytophthora*, *Pythium* y *Fusarium* destruyen raíces de todo tipo de árboles frutales, hortalizas, césped o cupresáceas, *Monilia* en frutales de hueso (cerezo o ciruelo) o las enfermedades de la antracnosis (hojas amarillas en rosales) y de la roya en el cereal. Incluso, tenemos la famosa enfermedad del mildiu causada por protozoos.

Como observáis, entramos en el terreno de la Biología. En primer lugar, no constituyen lo mismo insectos (animales), hongos, protozoos y bacterias, pues pertenecen a reinos diferentes. Los seres vivos se clasifican en los reinos de Moneras, Protoctistas, Fungi, Metafitas y Metazoos. Para refrescar la memoria sobre los cinco reinos, podéis leer la figura complementaria 2, localizada en el siguiente enlace web:

<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/clasificacion-reinos-biologicos-seres-vivos>

Figura complementaria 2. Los reinos de los seres vivos

Fuente: Iberdrola, s. f.

Los nombres de ejemplos de plagas habituales en la Sobrariba, enumerados previamente, hacen referencia a su denominación común en la región. Es importante conocer estos nombres, pues los destinatarios podrían preguntar por ellos. Debe tenerse cuidado con la forma de escribirlos:

- Algunos nombres se corresponden con la plaga y otros con la enfermedad de la planta.
- Los nombres de las plagas se escriben de dos formas:

Los nombres en cursiva e inicial mayúscula se corresponden con el género científico (un grupo de especies, en este caso, de hongos).

El resto de nombres (no cursiva y en minúscula) se refieren al nombre común, es decir, la denominación no científica.

Si se localizan nombres de plagas con dos e incluso tres nombres hacen referencia a género-especie-subespecie. El género se escribe en cursiva e inicial mayúscula, la especie en cursiva e inicial minúscula y la subespecie sin cursiva e inicial mayúscula.

- Pregunta 5

Para cada plaga y planta mencionadas en la pregunta anterior, tenéis que buscar las medidas de actuación autorizadas dentro del marco GIP. Pista: consultar las Guías de GIP.

Respuesta modelo. Por ejemplo, la carpocapsa, conocida como barreno de las manzanas, es una polilla cuyas larvas son comunes en las frutas de pepita, como manzanas o peras.

Comenzamos realizando una búsqueda en las Guías de GIP, agrupadas según el tipo de planta (<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/guias-gestion-plagas/>). Puesto que los manzanos y los perales son frutales de pepita, seleccionamos la Guía "Frutales de pepita" en el grupo de frutales no cítricos (https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/GUIA%20FRUTALES%20DE%20PEPITA_tcm30-57947.pdf). Localizamos la carpocapsa en el índice de la Guía (página 24). La ficha de la carpocapsa (página 28) establece las pautas de actuación investigadas en preguntas previas (figura complementaria 3).

Figura complementaria 3. Ficha con medidas de actuación frente a la carpocapsa

Plagas principales	Seguimiento y estimación del riesgo para el cultivo	Medidas de prevención y/o culturales	Umbral/Momento de intervención	Medidas alternativas al control químico (*)	Medios químicos
Carpocapsa (<i>Cydia pomonella</i> L.)	Hacia finales de marzo, instalación de trampas sexuales en la parte alta de los árboles Las trampas instaladas en parcelas donde se utilice confusión sexual, deberán utilizar como atrayente cápsulas que contengan feromonas y kairomonas Desde principios de mayo hasta la recolección, control visual de 1.000 frutos por parcela a razón de 20 en 50 árboles	Eliminar las fuentes de infestación dentro y fuera de la parcela	En trampas: 2-3 adultos/trampa y semana en primera generación. 1-2 adultos/trampa y semana en segunda y tercera generación Control visual: 0,5% de frutos con daños recientes en 1ª generación y 1% de frutos con daños recientes en 2ª y 3ª generación En peral se utilizarán los umbrales más altos	Medios biotecnológicos Confusión sexual	Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente Con picos máximos de vuelo, especialmente en la 1ª generación, utilizar formulados a base de microorganismos

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2014

Es muy importante saber realizar esta búsqueda de medidas de actuación, aplicable para cualquier ejemplo de plaga, ya que los futuros destinatarios seguramente pregunten por medidas para cultivos o plagas de su interés.

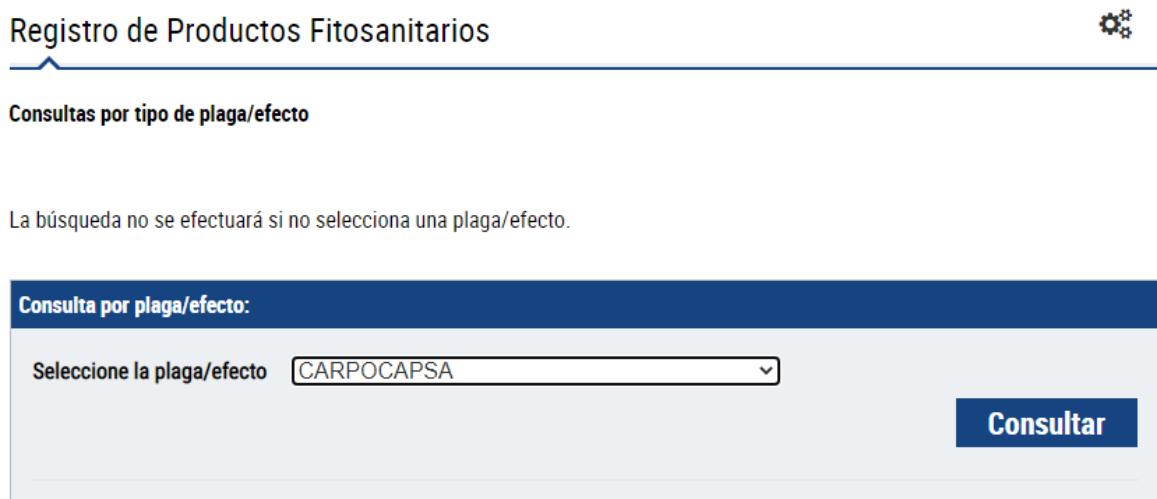
- **Pregunta 6**

En las Guías de GIP, habéis investigado las medidas de actuación autorizadas frente a una plaga. Una de las medidas es el uso de medios químicos, es decir, la utilización de productos fitosanitarios autorizados. Pero, ¿cuáles concretamente?

Partiendo de la plaga seleccionada en la pregunta anterior, tenéis que buscar productos fitosanitarios autorizados, usados como medida de actuación química. Debéis aportar la denominación del principio activo, el nombre comercial, el número de registro y la empresa que fabrica el producto. Pista: consultar el Registro de Productos Fitosanitarios, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Respuesta modelo. Vamos a buscar los productos químicos fitosanitarios autorizados frente a la carpocapsa. De hecho, ya se ha investigado en la pregunta 3 cómo consultar en el Registro de Productos Fitosanitarios. En la página web de este Registro (<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp>), accedemos a "Consulta por plaga" y buscamos la carpocapsa (figura complementaria 4). El resultado muestra 43 productos químicos registrados frente a la carpocapsa (figura complementaria 5).

Figura complementaria 4. Búsqueda en el Registro de Productos Fitosanitarios



Registro de Productos Fitosanitarios

Consultas por tipo de plaga/efecto

Consulta por plaga/efecto:

Seleccione la plaga/efecto Consultar

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s. f.

Figura complementaria 5. Resultados en el Registro de Productos Fitosanitarios

Resultado para la consulta de formulados existentes contra CARPOCAPSA

Se han encontrado 43 registros. (Página 1 de 4).

Página de resultados: [\[1\]](#) [\[2\]](#) [\[3\]](#) [\[4\]](#)

Formulados existentes

Uso protegido	Formulados
	(E,E)-8,10-DODECADIEN-1-OL 20,9% [AE] P/P
	1-TETRADECANOL 7,1% (31 MG S.A./DIFUSOR) + DODECAN-1-OL 29,7% (132 MG S.A./DIFUSOR) + E,E-8,10-DODECADIEN-1-OL 57,3% (254 MG S.A./DIFUSOR) [VP] P/P
	ABAMECTINA 1,8% + CLORANTRANILIPROL 4,5% [SC] P/V
	ACETAMIPRID 0,005% [AL] P/V

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s. f.

Por ejemplo, analizamos el primer producto de la lista, es decir, (E,E)-8,10-Dodecadien-1-ol 20,9% [AE] p/p. Entramos en el enlace del producto (figura complementaria 6).

Figura complementaria 6. Datos de un formulado en el Registro de Productos Fitosanitarios

Datos del formulado '(E,E)-8,10-DODECADIEN-1-OL 20,9% [AE] P/P' y productos

Nº registro	Nombre comercial	Titular
ES-00191	MISTER C	CBC (EUROPE) S.R.L.

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s. f.

Se observan todos los datos del principio activo (E,E)-8,10-Dodecadien-1-ol 20,9% [AE] p/p (figura complementaria 7). En la composición de un pesticida, el principio activo es el compuesto que tiene acción biológica contra la plaga, en este caso la carpocapsa. Mister C es el nombre comercial del pesticida. El producto Mister C es vendido por la empresa CBC (EUROPE) S.R.L. Si entramos en el enlace de la empresa, se observan los datos de la misma, como su ubicación en Italia.

Figura complementaria 7. Datos de un producto en el Registro de Productos Fitosanitarios

DATOS DEL TITULAR					
Titular	Dirección	Cod Pos	Población	Provincia	País
CBC (EUROPE) S.R.L.	Via Majorana, 2 - Nova Milanese	20834			ITALIA

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s. f.

ES-00191 es el Número de Registro de Productos Fitosanitarios de Mister C. Cada producto comercial tiene un número identificador de registro. Si entramos en el enlace del Número de Registro, accedemos a ficha oficial de Mister C, con la información completa del producto (figura complementaria 8).

Figura complementaria 8. Ficha oficial de un producto fitosanitario comercial



RESOLUCIÓN DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD DE LA PRODUCCIÓN AGRARIA

Nombre comercial: MISTER C
Número de autorización: ES-00191
Estado: Vigente
Fecha de inscripción: 20/12/2016
Fecha de Caducidad: 31/08/2021

Titular

CBC (EUROPE) S.R.L.
Via Zanica, 25
24050 Grassobbio (BG)
ITALIA

Fabricante

CBC (EUROPE) S.R.L.
Via Zanica, 25
24050 Grassobbio (BG)
ITALIA

Composición: (E,E)-8,10-DODECADIEN-1-OL 20,9% [AE] P/P

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s. f.

Es importante consultar las fichas oficiales de los productos fitosanitarios químicos, pues muestran toda la información del mismo. Por ejemplo, Mister C es un aerosol dispuesto en envases de aluminio, aplicándose únicamente en el tratamiento de la carpocapsa en manzano, nogal y peral. Asimismo, describe el etiquetado, medidas de seguridad o gestión del envase residual. En definitiva, la ficha oficial describe las medidas para cada una de las fases de la GIP.

- **Pregunta 7**

Además de medidas de actuación autorizadas, también es necesario saber buscar establecimientos oficiales, donde los agricultores puedan asesorarse, comprar productos fitosanitarios o depositar envases para su reciclaje. ¿Cuáles son los establecimientos oficiales en el municipio de Valdefresno? En esta ocasión, tenéis que localizar el buscador de establecimientos oficiales. Pista: el buscador se ubica en la página web oficial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España.

Respuesta modelo. En la página web oficial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, se incluye el Registro Oficial de Productores y Operadores de medios de defensa fitosanitaria (ROPO) (<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/ropo/>). Dentro de esta página, procedemos con una consulta de inscripciones de usuarios en ROPO (<https://www.mapa.gob.es/app/ropo/Default.aspx>). Pasos para consultar un establecimiento oficial (figura complementaria 9): consulta de establecimientos – provincia (seleccionar León) – cargar municipios – municipio (seleccionar municipio Valdefresno) – buscar.

Figura complementaria 9. Consulta de establecimientos en ROPO

Consulta de establecimientos:

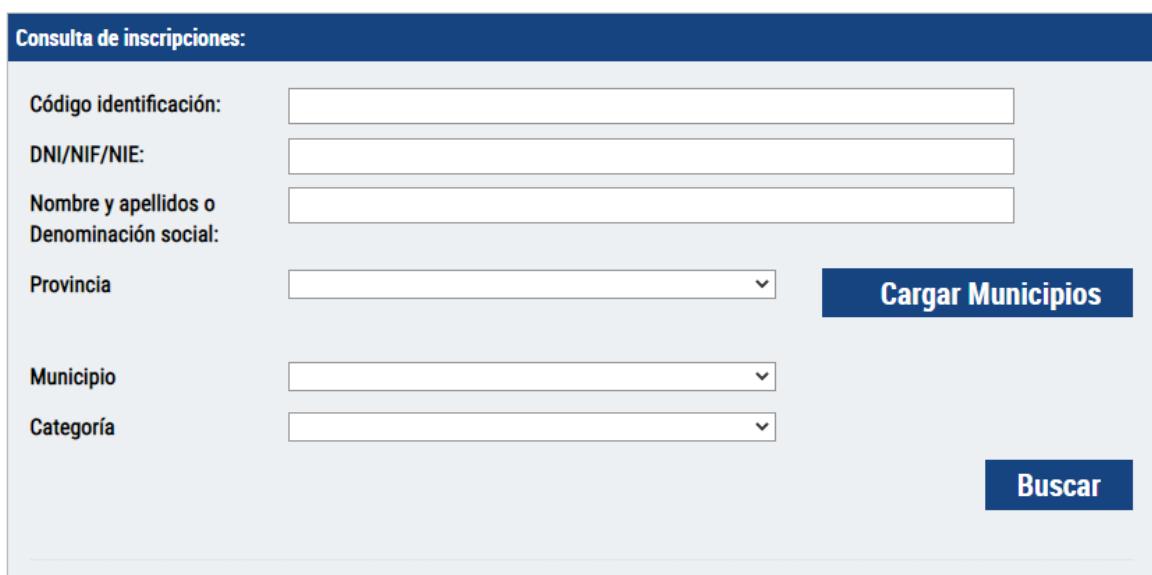
Provincia	LEÓN	Cargar Municipios
Municipio	VALDEFRESNO	
Categoría		Buscar

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s. f.

Es importante saber realizar búsquedas de establecimientos oficiales por municipios, ya que los futuros destinatarios pueden interesarse en saber buscar establecimientos también. El resultado de la búsqueda en el registro ROPO indica que Naturgeis, S. L. es el único establecimiento en Valdefresno.

Aunque no forma parte del proceso de investigación, debe conocerse la siguiente información para el taller divulgativo: todas las personas que apliquen sulfatos, ya sean agricultores con maquinaria profesional o particulares que sulfatan sus huertos con pulverizadores, deben obligatoriamente tener un carné de utilización de productos fitosanitarios, expedido y renovado por la Junta de Castilla y León (<https://www.tramitacastillayleon.jcyl.es/web/jcyl/AdministracionElectronica/es/Plantilla100Detalle/1251181050732/Tramite/1284294641459/Tramite>). No profundizaremos en ello porque seguramente la mayoría de los destinatarios lo sepan e incluso tengan su propio carné de operadores. Sin embargo, si un destinatario os preguntara por ello, debéis indicarle que el Ayuntamiento es el encargado de gestionar cursos y expedir carnés. Al igual que en la búsqueda de establecimientos oficiales, un operador con carné puede consultar su registro en ROPO (figura complementaria 10): en la misma página de consulta (<https://www.mapa.gob.es/app/ropo/Default.aspx>) – consulta de inscripciones – DNI (del operador) – nombre y apellidos (del operador) – provincia (León) – buscar.

Figura complementaria 10. Consulta de operadores en ROPO



Consulta de inscripciones:

Código identificación:	<input type="text"/>	
DNI/NIF/NIE:	<input type="text"/>	
Nombre y apellidos o Denominación social:	<input type="text"/>	
Provincia	<input type="text"/>	Cargar Municipios
Municipio	<input type="text"/>	
Categoría	<input type="text"/>	
		Buscar

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s. f.

- Pregunta 8

Una de las fases de la GIP es la aplicación de medidas de seguridad del producto, tanto en su manejo como almacenamiento. La etiqueta del producto muestra estas medidas de seguridad en forma de pictogramas. ¿Qué es un pictograma? ¿Cuáles son los diez pictogramas existentes y qué significa cada uno? A su vez, se acompañan de indicadores que comienza por la letra H o P, seguido de tres números. ¿Qué representa?

En las fichas oficiales de productos químicos comerciales del Registro de Productos Fitosanitarios, localizadas en la pregunta 6, se muestran las medidas de seguridad del producto correspondiente. Analiza los pictogramas e indicadores de la misma.

Respuesta modelo. Un pictograma es un símbolo gráfico estandarizado por la Unión Europea que transmite una información específica sobre el riesgo químico al que están expuestos el medio ambiente o las personas que manipulen, transporten o almacenen los productos químicos con este símbolo en sus etiquetas. Existen diez pictogramas con los siguientes riesgos químicos asociados y su agrupación (figura complementaria 11).

Figura complementaria 11. Pictogramas de seguridad de productos químicos

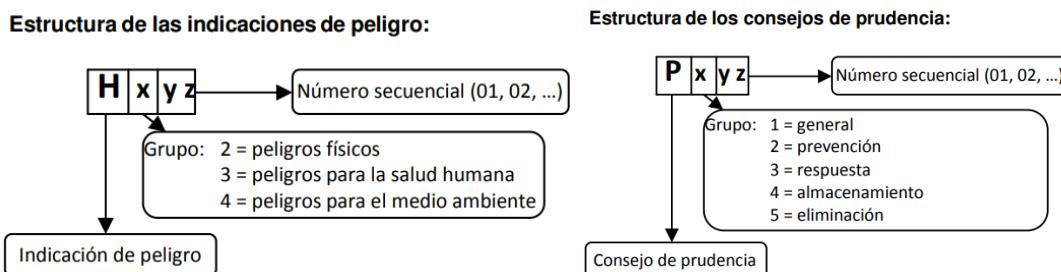
PELIGROS FÍSICOS	PELIGROS PARA LA SALUD
 <p>BOMBA EXPLOTANDO Estos productos pueden explotar al contacto con una llama, chispa, electricidad estática, bajo efecto del calor, choques, fricción, etc.</p>	 <p>CALAVERA Y TIBIAS CRUZADAS Producen efectos adversos para la salud incluso en pequeñas dosis. Pueden provocar náuseas, vómitos, dolores de cabeza, pérdida de conocimiento e, incluso, la muerte.</p>
 <p>LLAMA Los productos pueden inflamarse al contacto con una fuente de ignición (llama, chispa, electricidad estática, etc.) por calor o fricción, al contacto con el aire o agua; o si se liberan gases inflamables.</p>	 <p>CORROSIÓN Pueden causar daños irreversibles a la piel u ojos, en caso de contacto o proyección.</p>
 <p>LLAMA SOBRE UN CÍRCULO Pueden provocar o agravar un incendio o una explosión en presencia de productos combustibles. Son productos comburentes.</p>	 <p>SIGNO DE EXCLAMACIÓN Estos productos producen efectos adversos en dosis altas. También pueden producir irritación en ojos, garganta, nariz y piel. Provocan alergias cutáneas, somnolencia y vértigo.</p>



Fuente: Navarro, s. f.

Los pictogramas se acompañan de indicadores. Los que empiezan H son indicadores de peligro y los que empiezan por P de prudencia. Su estructura completa se muestra en la figura complementaria 12.

Figura complementaria 12. Indicadores de peligro y prudencia



Fuente: Laboratorio de Química General, s. f.

El siguiente enlace muestra el listado completo de indicadores:
https://www.uv.es/fqlabo/docs/seguridad/frases_h_p.pdf Los pictogramas e indicadores han sido establecidos en el Reglamento (CE) Nº 1272/2008 del parlamento europeo y del consejo de 16 de diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32008R1272>). Como ejemplo, en la ficha del producto comercial Mister C, para el tratamiento de la carpocapsa, se exponen

las medidas de seguridad en su uso y almacenamiento, mediante pictogramas e indicadores de peligro y prudencia:

<https://www.mapa.gob.es/agricultura/pags/fitos/registro/productos/pdf/ES-00191.pdf>

- **Pregunta 9**

Continuando con la protección de los operadores cuando aplican productos fitosanitarios, en las fases de la GIP se indica el empleo de Equipos de Protección Individual (EPIS). ¿Cuáles son los EPIS fitosanitarios?

Respuesta modelo. Las páginas web de empresas dedicadas a la venta de equipos de protección detallan EPIS fitosanitarios. Por ejemplo, Proin-Pinilla S. L. describe su catálogo de EPIS fitosanitarios en <https://equiposproteccion.com/equipos-de-proteccion-fitosanitarios/>. Entre otros, cuenta con variedad de buzos, guantes de protección, calzado de seguridad, gafas de seguridad y una enorme variedad de equipos de protección de las vías respiratorias en función del tipo de toxicidad, con múltiples tipos de filtros y mascarillas.

Si un futuro destinatario del taller estuviera interesado en EPIS fitosanitarios, debe recalcarse la importancia de preguntar en establecimientos oficiales, pues conocen los EPIS idóneos para cada producto químico. Es una decisión de gran responsabilidad en la que vosotros no debéis influir, pues no tenéis los conocimientos ni autorización necesarios.

- **Pregunta 10**

A lo largo de estos días, habéis investigado el proceso completo de la GIP para el uso sostenible de fitosanitarios, con lo que elaboraréis el taller divulgativo. ¡Habéis realizado una gran labor indagatoria! ¡Felicidades! Os preguntareis, ¿por qué hemos estudiado la GIP en Física y Química? La respuesta es sencilla: habéis aprendido recientemente a formular compuestos orgánicos en clase, con una amplia variedad de aplicaciones. Una de ellas son los productos químicos fitosanitarios. De hecho, los principios activos que habéis buscado en el Registro de Productos Fitosanitarios son principalmente compuestos orgánicos. Por ejemplo, el principio activo 8,10-dodecadien-1-ol contra la carpocapsa, buscando en la pregunta 6, consta de una

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

cadena de doce carbonos, con un grupo funcional alcohol en el carbono 1 y dos dobles enlaces en los carbonos 8 y 10 (figura complementaria 13).

Figura complementaria 13. *Formula desarrollada del 8,10-dodecadien-1-ol*



Fuente: Global Chemical Network, s. f.

Retomad los principios activos consultados previamente en el Registro de Productos Fitosanitarios, como medida de actuación química frente a plagas concretas. Probad a deducir su estructura. Algunos compuestos son realmente complejos. En este caso, buscad su estructura en internet y enumera los grupos funcionales presentes en el mismo.

Respuesta modelo. Se corrigen las respuestas aportadas por los alumnos para sus búsquedas de principios activos, bien sea mostrando su estructura o describiendo sus grupos funcionales. Además de sus respuestas, el profesor muestra ejemplos de algunos productos fitosanitarios comúnmente usados por los futuros destinatarios, por lo que podrían ser mencionados en las jornadas divulgativas.

Los principios activos terminados en el sufijo “-ina” son compuestos orgánicos insecticidas, que afectan al sistema nervioso de los insectos, causando su muerte. Son comunes la deltametrina, la abamectina o la ivermectina. Por ejemplo, la deltametrina cuenta con un éster, dos bromos, un ciclopropano, un grupo nitrilo y un grupo éter asociado a dos bencenos (figura complementaria 14).

Figura complementaria 14. *Formula desarrollada de la deltametrina*



Fuente: Molekuul, 2017

Por otra parte, los principios activos terminados en el sufijo “-ol” son compuestos orgánicos fungicidas, es decir, fitosanitarios usados frente a hongos, como el tebuconazol, el penconazol o el difenoconazol. Por ejemplo, el tebuconazol (figura complementaria 15) tiene un grupo alcohol, un clorofenilo o un triazol (compuesto nitrogenado no estudiado en 4º ESO).

Figura complementaria 15. *Formula desarrollada del tebuconazol*



Fuente: Molekuul, s. f.

Por último, mencionar que no todos los principios activos fitosanitarios son compuestos orgánicos, sino que también los hay inorgánicos. Por ejemplo, se emplea comúnmente oxicloruro de cobre en hortalizas y árboles frutales, como medida preventiva de enfermedades como el mildiu.

c. Proceso de elaboración del taller

Descripción de las sesiones, las tareas y los recursos en el proceso de elaboración del taller

Durante una sesión de Física y Química, el profesor se reúne con los alumnos del equipo I, en una sala de reuniones. Mientras tanto en el aula, el resto de los compañeros realizan ejercicios de la unidad didáctica impartida en ese momento, bajo la supervisión de un profesor de apoyo. Durante la reunión, los miembros del equipo I realizan una lluvia de ideas sobre el enfoque de los contenidos de control de plagas en el taller, así como materiales de apoyo, alcanzando un consenso. El profesor actúa de guía, transmitiendo sugerencias que potencien la creatividad de los estudiantes, hacia el diseño de un taller viable y atractivo para los futuros destinatarios. Aunque no es aplicable directamente, se ha preparado una guía planificada del taller, como base de orientación para el profesor en esta reunión.

Durante la reunión, el equipo I tomará la iniciativa en el reparto equitativo de elaboración y búsqueda de material de apoyo, bajo la orientación del profesor. Al respecto, el profesor envía por correo al equipo I los enlaces de las herramientas digitales de diseño gráfico GoConqr (<https://www.goconqr.com/es>), para la creación de mapas mentales, y Canva (https://www.canva.com/es_es/), para infografías, junto con el generador de códigos QR (<https://www.codigos-qr.com/generador-de-codigos-qr/>). Asimismo, proporciona un usuario común, con contraseña, para dichas herramientas, así como enlaces de videotutoriales de GoConqr (<https://www.youtube.com/watch?v=mbVxdAmn9Bk>) y Canva (<https://www.youtube.com/watch?v=Xcnp6EWVCz0>).

Durante una semana, el equipo I elabora el material de apoyo. Al respecto, el profesor accederá a las herramientas digitales para revisar su trabajo. Por otra parte, los miembros deberán practicar, en sus hogares, la comunicación oral del taller, en base a los conocimientos adquiridos y adaptándolos a un público no especializado. A través del chat de Teams, los miembros preguntan aclaraciones al profesor o entre ellos.

Al finalizar la semana, en horario extraescolar, el profesor y los miembros del equipo I realizan una videoconferencia, para ensayar la estructura y la comunicación oral del taller. El profesor corrige expresiones y aporta sugerencias. Esta videoconferencia es grabada, por lo que los alumnos podrán visualizarlo luego y aprender de su propia participación y errores. Tras perfeccionar su intervención durante otra semana, el equipo I y el profesor se reúnen de nuevo, en una sala de reuniones, durante dos recreos de 25 minutos, para ensayar y perfeccionar la ejecución del taller.

Guía planificada del taller de la actividad "control de plagas"

Durante el taller, los miembros del equipo I mencionarán primero con sus propias palabras y evitando un lenguaje técnico, la necesidad de aplicar medidas más sostenibles y responsables en el tratamiento de las plagas de la Sobrariba, pues se regula por normativa, además de cuidar la flora y la fauna de la región. Seguidamente, indicarían que la GIP es la base establecida para aplicar estas medidas, preguntando a los destinatarios si saben en qué consiste. A través de sus respuestas, identificarían sus ideas previas, adaptando así el contenido divulgado.

A continuación, los miembros de equipo I indicarían las fases de la GIP apoyándose, por ejemplo, en un mapa mental. Para profundizar en estas fases, es importante que los alumnos inviten a la participación, preguntando a los destinarios qué plagas y cultivos afectados son comunes en la Sobrariba, así como las medidas que suelen tomar. De hecho, la mayoría de los habitantes de pueblos son personas jubiladas que han trabajado previamente en la agricultura tradicional y que, incluso, actualmente tienen sus propios huertos. Por tanto, aunque no sepan buscar medidas sostenibles de gestión de plagas en la web, constituyendo un objetivo del taller, disponen de un profundo conocimiento aplicado en la práctica agrícola. En consecuencia, disfrutan relatando sus propias experiencias, creando un clima de interés, diálogo y cercanía entre alumnado y destinatarios, además de enriquecer el taller con experiencias reales.

Respecto a la búsqueda de medidas sostenibles contra plagas en las Guías de GIP, así como la posterior identificación de productos fitosanitarios autorizados en el Registro del Ministerio, los alumnos elaborarían una infografía de los pasos de este proceso, con códigos QR enlazados a las páginas de las Guías de GIP y del Registro de Productos Fitosanitarios, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. A través de tabletas del centro con lectores de códigos QR instalados, repartidos entre el público, o a través de sus propios móviles, los destinatarios acceden a estas páginas y proceden con la búsqueda de ejemplos de su interés, a la par que los alumnos explican el proceso. Aprovechando los resultados de la búsqueda, los alumnos explican que además de productos químicos, también existen medidas preventivas y biológicas. Tras preguntar a los destinatarios qué acciones suelen tomar, resultarán muy comunes los medios químicos y preventivos, pero apenas conocerán los biológicos y biotecnológicos. Por tanto, los alumnos explicarán ejemplos de estos últimos, ayudándose de la proyección de videos. Siguiendo el mismo proceso, también se explicaría la búsqueda de puntos de venta autorizados o del registro de los propios operadores en ROPO.

Por último, los alumnos preguntarán a los destinatarios que medidas de seguridad toman en la aplicación y almacenamiento de productos fitosanitarios químicos. Recalcando la importancia de aplicar dichas medidas para la salud del operador y el cuidado del medio ambiente, los alumnos muestran las etiquetas de botes vacíos de pesticidas para explicar el significado de los pictogramas y los indicadores, incitando al público a responder. Asimismo, un alumno se disfrazará, probando todos los EPIS disponibles (buzo, zapatos, guantes, gafas y

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales (mascarilla), provocando una situación de humor, que creará una sensación final de alegría y calidez. Los botes vacíos y los EPIS serán recolectados por alumnos de toda la clase, bien en sus propios hogares o en casas de familiares que vivan en pueblos. De no ser posible, se solicitarán prestados en puntos de venta autorizados.

Referencias bibliográficas

Agenda 2030 del Gobierno de España (<https://www.agenda2030.gob.es/>).

Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas. *EUR-lex*, núm. 309, de 24 de noviembre de 2009, 71-86. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:32009L0128>

Iberdrola. (s. f.). *¿Conoces los cinco reinos de los seres vivos?* <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/clasificacion-reinos-biologicos-seres-vivos>

Infoagro. (s. f.). *Manejo cultural de plagas en hortalizas.* https://infoagro.com/hortalizas/manejo_plagas.htm

Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC (<https://www.ias.csic.es/>)

Global Chemical Network. (s. f.). 33956-49-9 (E,E)-8,10-Dodecadien-1-ol. [http://www.chemnet.com/cas/es/33956-49-9/\(E,E\)-8,10-Dodecadien-1-ol.html](http://www.chemnet.com/cas/es/33956-49-9/(E,E)-8,10-Dodecadien-1-ol.html)

Junta de Castilla y León. (s. f.). *Carné de utilización de productos fitosanitarios: expedición y renovación.* Tramita Castilla y León. <https://www.tramitacastillayleon.jcyl.es/web/jcyl/AdministracionElectronica/es/Plantilla100Detalle/1251181050732/Tramite/1284294641459/Tramite>

Laboratorio de Química General. (s. f.). Frases H y P según Reglamento 1272/2008 “CLP”: clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas. Universitat de València – Facultat de Química. https://www.uv.es/fqlabo/docs/seguiridad/frases_h_p.pdf

Llorca, A. A. (2016, abril 29). 9 herramientas y otros trucos para identificar la información más fiable en Internet. *Genbeta.* <https://www.genbeta.com/a-fondo/9-herramientas-y-otros-trucos-para-identificar-la-informacion-mas-fiable-en-internet>

Navarro, J. (s. f.). *Sustancias peligrosas. Pictogramas.* Aprender Física y Química. <http://aprenderfisicayquimica.weebly.com/sustancias-peligrosas-pictogramas.html>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s. f.). *Consulta de inscripciones de usuarios en ROPO.* <https://www.mapa.gob.es/app/ropo/Default.aspx>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s. f.). *Guías de Gestión Integrada de Plagas.* <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/guias-gestion-plagas/>

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s. f.). *Medios de defensa fitosanitaria*. <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s. f.). *Registro de Productos Fitosanitarios*. <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s. f.). *Registro oficial de productores y operadores de medios de defensa fitosanitaria (ROPO)*. <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/ropo/>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2014). *Guía de Gestión Integrada de Plagas. Frutales de pepita*. https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/GUIA%20FRUTALES%20DE%20PEPITA_tcm30-57947.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015, febrero 18). *Puesta en marcha de las obligaciones de Gestión Integrada de Plagas (GIP) en España* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=bH63UA3HVwl>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2016). *Resolución de la Dirección General de Sanidad de la Producción Agraria. MISTER C. ES-00191*. <https://www.mapa.gob.es/agricultura/pags/fitos/registro/productos/pdf/ES-00191.pdf>

Molekuul. (s. f.). *Molécula de fungicida de tebuconazol. Fórmula esquelética* [Fotografía]. <https://es.dreamstime.com/mol%C3%A9cula-de-fungicida-tebuconazol-f%C3%B3rmula-esquel%C3%A9tica-image187167681>

Molekuul.es. (2017, agosto 25). *La deltametrina (molécula insecticida piretroide sintético). Fórmula esquelética* [Fotografía]. <https://www.alamy.es/la-deltametrina-molecula-insecticida-piretroide-sintetico-formula-esqueletica-image155768615.html>

Organización de las Naciones Unidas. (s. f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Página web de Canva (https://www.canva.com/es_es/)

Página web del Generador de Códigos QR (<https://www.codigos-qr.com/generador-de-codigos-qr/>)

Página web de GoConqr (<https://www.goconqr.com/es>)

Pao Marketing Digital. (2021, enero 4). *CANVA Tutorial Español 2021* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=XcnP6EWVCz0>

Proin Pinilla S.L. (s. f.). *Equipos de protección individual y su uso frente a productos fitosanitarios*. <https://equiposproteccion.com/equipos-de-proteccion-fitosanitarios/>

Rainforest Alliance. (2019, octubre 11). ¿Qué es agricultura sostenible? *The Frog Blog Español*. <https://thefrogblog.es/2019/10/11/que-es-agricultura-sostenible/>

Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 223, de 15 de septiembre de 2012, 65127-65131. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2012-11605>

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

Real Decreto 1702/2011, de 18 de noviembre, de inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 296, de 9 de diciembre de 2011, 130569-130584. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-19296>

Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006, núm. 353, de 31 de diciembre de 2008, 1-3555. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32008R1272>

Secretaría General de Agricultura y Alimentación. (2020). *Plan de acción nacional para el uso sostenible de productos fitosanitarios*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/pan18-22v2_tcm30-437711.pdf

Udearroba. (2019, octubre 2). *¿Cómo crear mapas mentales con GoConqr?* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=mbVxdAmn9Bk>

UNESCO en español. (2017, enero 26). *Los Objetivos de Desarrollo Sostenible – qué son y cómo alcanzarlos* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=MCKH5xk8X-g>

Unión Europea. (s. f.). *Reglamentos, directivas y otros actos legislativos*. https://europa.eu/european-union/law/legal-acts_es

Anexo D. Diseño de la acción de servicio: "vacunas contra la Covid-19"

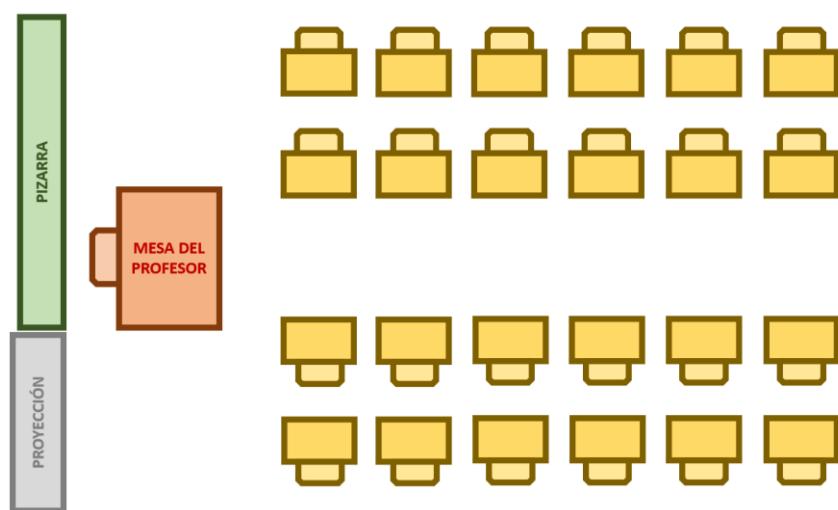
a. Sesión introductoria

Descripción de las tareas y los recursos de la sesión introductoria

Tras impartir la nomenclatura completa en la unidad didáctica de química orgánica, se introducen las biomoléculas como ejemplo de presencia de los compuestos del carbono en los seres vivos. En una sesión con el grupo de clase, en el aula, el profesor explica expositivamente la función y composición de los hidratos de carbono y los lípidos en la célula, apoyándose en un video proyectado (<https://www.youtube.com/watch?v=p0k0T2epEd8>). Respecto a las proteínas y ácidos nucleicos, indica que constituyen otras biomoléculas, pero que no las explica, pues serán objeto de estudio en la próxima actividad de divulgación.

A continuación, el profesor formula a los alumnos la siguiente pregunta: "como sabéis, la Junta de Castilla y León está procediendo con la vacunación contra la Covid-19 de personas mayores y profesionales de determinados sectores laborales; si os ofrecieran la posibilidad de vacunarnos ahora mismo, ¿lo haríais?" Con esta pregunta, tan habitual en las conversaciones actuales, se habrá captado la atención del alumnado. En el aula, se establece un agrupamiento en forma de pasillo (figura complementaria 16), con dos grupos enfrentados: uno para aquellos alumnos que se vacunarían y otro para los que no.

El profesor proyecta el video "Yo me vacuno seguro", creado por el Ministerio de Sanidad (<https://www.youtube.com/watch?v=-gHdBUfzAiQ>), ante la desconfianza actual generada por los efectos secundarios de las vacunas contra la Covid-19. Con estos recursos, los alumnos comienzan un debate sobre los motivos por los que se vacunarían o no, actuando el profesor como mediador. Posibles respuestas serían "proteger a mi familia", "si no nos vacunamos no volveremos a la normalidad", "me da miedo tener un trombo" o "no quiero que experimenten conmigo". Tras el debate, el profesor pregunta de nuevo: "¿creéis que todas las respuestas que habéis aportado, tanto a favor como en contra, están realmente argumentadas desde un punto de vista científico?". Posiblemente, la respuesta general sea negativa, generando así la necesidad en los alumnos de aprender nuevos conocimientos científicos sobre esta temática.

Figura complementaria 16. Agrupamientos en forma de pasillo en el aula

Fuente: elaboración propia

Seguidamente, el profesor vuelve a preguntar a sus alumnos: "las vacunas son las responsables de activar el sistema inmune, produciendo anticuerpos frente a infecciones de bacterias o virus, como la Covid-19; ¿conocéis algún uso más de los anticuerpos?" Tras sus respuestas, los alumnos leen en sus tabletas dos noticias, sobre la reciente autorización europea otorgada a la empresa biotecnológica leonesa mAbxience, para la producción y comercialización del anticuerpo Bevacizumab, empleado como tratamiento de inmunoterapia frente a varios tipos de cáncer (<https://www.diariodeleon.es/articulo/leon/mabxience-logra-acreditacion-europea-medicamento-bio-cancer/202104070132172101889.html>), así como la visita del ministro de Ciencia Pedro Duque, ante el logro conseguido (<https://www.diariodeleon.es/articulo/leon/ministro-pedro-duque-visita-manana-planta-farmaceutica-campus-universitario/202104070132152101779.html>). A continuación, el profesor comenta informalmente a los alumnos en qué consiste esta empresa, el auge de la industria farmacéutica en León, mencionando otras empresas ubicadas en la misma, en qué consisten los biosimilares (tras expirar la patente de un medicamento basado en anticuerpos, otras empresas pueden fabricar este medicamento biológico con efectividad y calidad equivalentes) y cómo fue la visita del ministro a dicha empresa y la Universidad. Tras el clima de interés y curiosidad generado, el docente informa de una gran noticia: el grupo de clase va a realizar una salida pedagógica a la empresa mAbxience dentro de una semana. En definitiva, los alumnos han asimilado conceptos previos, para que esta salida pedagógica sea un recurso

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales didáctico efectivo, construyendo nuevos aprendizajes significativos. Finalmente, el profesor indica que el equipo II va a elaborar su taller de divulgación sobre vacunas.

b. Proceso indagatorio

Descripción de los contenidos indagados en cada pregunta

Se detalla una descripción de los contenidos indagados por los miembros del equipo II sobre la temática de vacunas contra la Covid-19, mediante preguntas planteadas por el profesor:

Pregunta 1. Partiendo del estudio de las biomoléculas de química orgánica, los miembros del equipo II buscan los veinte aminoácidos e identifican sus grupos funcionales, considerando que todos tienen una amina y un grupo carboxilo y que se diferencian en los grupos de su cadena lateral.

Pregunta 2. Puesto que una proteína se constituye a partir de la unión de aminoácidos mediante el enlace peptídico, los alumnos identifican un tipo de enlace covalente, resultado de la reacción entre una amina y un grupo carboxilo. Asimismo, estudian los puentes disulfuro y las interacciones intermoleculares (puentes de hidrógeno, interacción electrostática e interacción hidrofóbicas), responsables del pliegue de las cadenas proteicas, para formar proteínas funcionales.

Pregunta 3. Partiendo de que un tipo de proteínas funcionales son los anticuerpos, los alumnos visualizan un video y leen un texto del profesor que resumen el funcionamiento del sistema inmune. Dado que esta explicación tiene tecnicismos, los alumnos deben ser capaces de relatar, con palabras adaptadas a un público no especializado, la respuesta inmunitaria específica, con la generación de anticuerpos frente a un antígeno, y el papel de las vacunas para activar la memoria inmunitaria.

Pregunta 4. Parte de la sociedad tiene la impresión de que la vacuna contra la Covid-19 es un fármaco completamente novedoso, generando incertidumbre. Sin embargo, no son conscientes de que ya les han administrado previamente otras vacunas. Por ello, los alumnos investigan cuáles son las enfermedades infecciosas frente a las que se han vacunado los ciudadanos españoles, a través de la cartilla de vacunación personal o el calendario común de vacunación a lo largo de toda la vida, de la Consejería de Sanidad de la Junta de Castilla y León.

Pregunta 5. En la web, existe una abrumadora disponibilidad de información no rigurosa sobre las vacunas frente a la Covid-19, procedente de fuentes no especializadas en ciencia. Los alumnos deben informarse en fuentes fiables y competentes para forjarse una opinión crítica. Por ello, visualizan un podcast del Ministerio de Ciencia e Innovación, en el que tres responsables del CSIC, el Instituto de Salud Carlos III (ISCIII) y la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS) divultan sobre las vacunas frente a la Covid-19. Entre otras temáticas, el podcast menciona el proceso de investigación y desarrollo de una vacuna. Partiendo de esta introducción, el profesor enumera dichas fases: etapa exploratoria, etapa preclínica, desarrollo clínico, industrialización, revisión reglamentaria y aprobación y control de calidad a lo largo de todo el proceso.

Tras esta introducción, se aplica la técnica Co-Op Co-Op, de la metodología de aprendizaje cooperativo, para la investigación de las fases de investigación y desarrollo de una vacuna. A cada subgrupo se le asigna la indagación de las siguientes fases, convirtiéndose en expertos:

- Pregunta 5.1. El subgrupo IIa indaga sobre la etapa exploratoria, en la que grupos de investigación de laboratorios diseñan un prototipo de vacuna, y la etapa preclínica, es decir, los ensayos en animales, en los que se confirma la eficacia inmunitaria de la vacuna y que no produce efectos secundarios.
- Pregunta 5.2. El subgrupo IIb investiga sobre la industrialización, es decir, el desarrollo de un proceso viable de fabricación de la vacuna. Asimismo, analiza las Normas de Correcta Fabricación (normativa GMP), que aseguran que un fármaco cumple con los estándares de calidad.
- Pregunta 5.3. El subgrupo IIc analiza las cuatro fases de ensayos clínicos en humanos.
- Pregunta 5.4. El subgrupo IId indaga sobre la evaluación de la Agencia Europea de Medicamentos (EMA) y la autorización de fabricación y comercialización de una vacuna.

La mayoría de la información está disponible en la página web oficial de la AEMPS. En todas las preguntas, se enfatiza la obligatoriedad del registro documental de todas las pruebas, asegurando la garantía de calidad y la preservación de la salud. Tras las publicaciones de cada subgrupo y las correcciones por el profesor, todos los miembros del equipo II y el docente realizan una videoconferencia. En ella, cada subgrupo presenta los resultados de su investigación al resto de miembros, apoyándose en las páginas web oficiales donde han

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

buscado la información. Gracias a la metodología de aprendizaje cooperativo, todos los subgrupos se preocupan de que sus compañeros del equipo II aprendan sobre la totalidad de las fases de investigación y desarrollo de una vacuna. De este modo, todos los miembros del equipo II sabrán aplicar los conocimientos adquiridos sobre las fases en la posterior elaboración y ejecución del taller, resultando exitoso. De lo contrario, los destinatarios observarán que los miembros carecen de conocimientos, por lo que su taller transmitirá una impresión de descontrol y desconfianza. La finalidad principal de aplicar esta técnica es evitar que los miembros investiguen sobre todas las fases, pues resultaría excesivo.

En la siguiente sesión, el grupo de clase procede con la visita pedagógica a mAbxience (<https://www.mabxience.com/es/>), una empresa biotecnológica dedicada a la producción de anticuerpos, ubicada en el Parque Tecnológico de León. Guiados por un trabajador de la empresa, los alumnos visitan sus laboratorios de investigación y desarrollo, la planta piloto y la planta de producción, observando equipos a pequeña, media y gran escala, como biorreactores o cromatógrafos (<https://www.mabxience.com/es/productos/produccion/planta-mabxience-leon/>). De este modo, los alumnos identifican las fases principales de diseño y producción de un anticuerpo (investigación, puesta a punto del proceso de producción y fabricación y comercialización final), extrapolables a otros fármacos, como las vacunas. En todas las fases, se destacarán las Normas de Correcta Fabricación (GMP) y la documentación registrada de todas las actividades, necesarias para una adecuada trazabilidad y garantizar la calidad del fármaco. En consecuencia, los miembros del equipo II visualizan, en una empresa real, las fases de industrialización y fabricación investigadas previamente, alcanzando un aprendizaje profundo de los conocimientos. Asimismo, se refuerza la concepción de que un fármaco comercializado cumple absolutamente con las garantías de calidad. El grupo de clase también es consciente del impacto de la industria farmacéutica en el desarrollo social, cultural y económico de la ciudad de León.

Pregunta 6. Según el podcast del Ministerio de Ciencia e Innovación, el proceso de investigación y desarrollo de una vacuna tarda entre ocho y diez años. En base a los conocimientos asimilados de las fases, los miembros del equipo II reflexionan y debaten, a través del chat de Teams, sobre cómo ha sido posible acortar las fases. El objetivo es que los alumnos aprendan a forjarse una opinión crítica partiendo de información fundamentada.

Pregunta 7. Los conocimientos sobre el mecanismo de funcionamiento de los anticuerpos y el proceso de investigación y desarrollo de las vacunas cobran sentido con el estudio de las cuatro vacunas autorizadas actualmente en la Unión Europea. Puesto que las vacunas fabricadas por las empresas Pfizer y Moderna están compuestas de ARN mensajero, mientras que las de AstraZeneca y Janssen de adenovirus, constituidos por una doble cadena de ADN, permiten la contextualización de la investigación de la estructura de los nucleótidos (grupo fosfato, pentosa y base nitrogenada), los tipos de bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina, timina y uracilo) y la diferencia entre ARN y ADN (ribosa y uracilo en el ARN y desoxirribosa y timina en el ADN, destacando que la ribosa tiene un grupo hidroxilo adicional).

Pregunta 8. Tanto el ARN mensajero como los adenovirus son ácidos nucleicos, constituidos por nucleótidos unidos mediante el enlace fosfodiéster. Los alumnos estudian así un tipo de enlace covalente, resultado de la reacción de un grupo hidroxilo y otro fosfato. Asimismo, ya que los adenovirus son una doble cadena de ADN, indagan de nuevo sobre las interacciones moleculares, concretamente los puentes de hidrógeno entre las bases nitrogenadas.

Pregunta 9. Los alumnos investigan el proceso de expresión de la información genética (transcripción y traducción), a través de la contextualización en el mecanismo de funcionamiento de una vacuna de ARN mensajero y una de adenovirus.

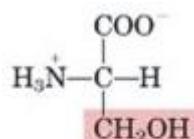
Pregunta 10. Aunque en la pregunta 6 se ha fomentado en los alumnos opinar de forma crítica, partiendo de fuentes especialistas, también deben ser conscientes de ello. En un video del programa de televisión *El Hormiguero*, de Antena 3, los alumnos escuchan opiniones de oposición ante la vacunación de AstraZeneca, debido a los casos de trombosis, generando alarmismo. Los alumnos identifican que estas opiniones carecen absolutamente de fundamento. De hecho, el profesor transmite que muchos destinatarios de su taller podrían pronunciarse de este modo. Por tanto, el mensaje final de es que, aunque no se puede imponer una forma de pensar, el objetivo de este taller de divulgación es que los alumnos transmitan a los destinatarios la información que han investigado, procedente de científicos expertos e instituciones oficiales. De este modo, los destinatarios estarán mejor informados y podrán decidir de forma responsable si quieren vacunarse o no. En definitiva, fomentar la alfabetización científica.

Publicaciones de las preguntas de indagación en Teams con los modelos de respuesta

- Pregunta 1

Comenzamos con la primera pregunta. Hemos visto en clase que las proteínas constituyen un grupo de biomoléculas. Las proteínas son largas cadenas de moléculas orgánicas unidas, denominadas aminoácidos. Solo existen 20 aminoácidos, con múltiples combinaciones posibles para formar todas las proteínas existentes. ¿Cuáles son los 20 aminoácidos? ¿Qué grupos funcionales de los que acabamos de estudiar en el tema de química orgánica identificáis? Como ejemplo, os muestro el aminoácido más sencillo, la serina (figura complementaria 17). La serina tiene un grupo carboxilo, una amina y un hidroxilo.

Figura complementaria 17. *Formula desarrollada del aminoácido serina*



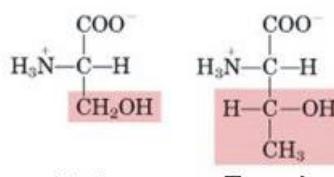
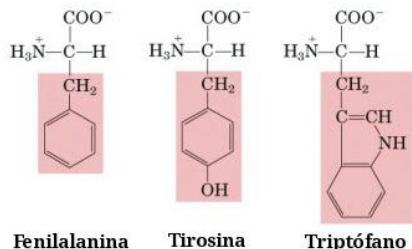
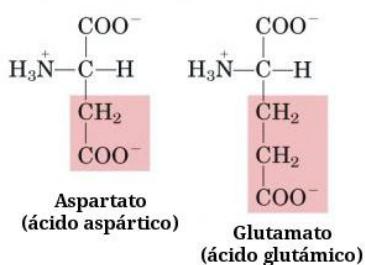
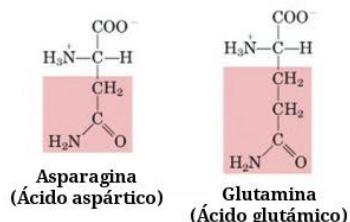
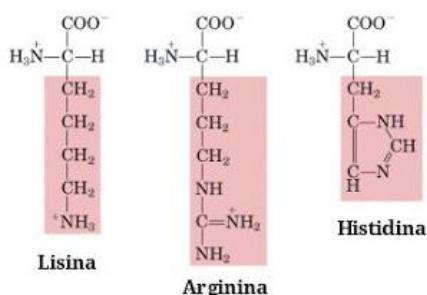
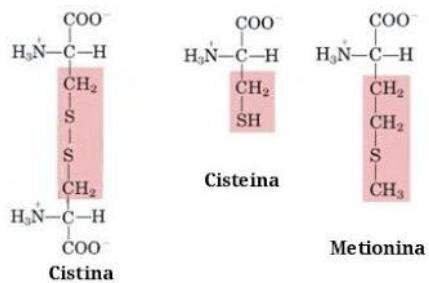
Serina

Fuente: Temas Selectos de Ciencias, s. f.

Respuesta modelo. Se observa que todos los aminoácidos tienen un grupo carboxilo, una amina y una cadena lateral. Los aminoácidos se clasifican en cinco grupos en función del grupo funcional presente en su cadena lateral (figura complementaria 18).

Figura complementaria 18. *Fórmulas desarrolladas de los aminoácidos*



Aminoácidos con grupos OH**Aminoácidos aromáticos****Aminoácidos ácidos****Aminoácidos con cadenas laterales amídicas****Aminoácidos básicos****Aminoácidos con Azufre**

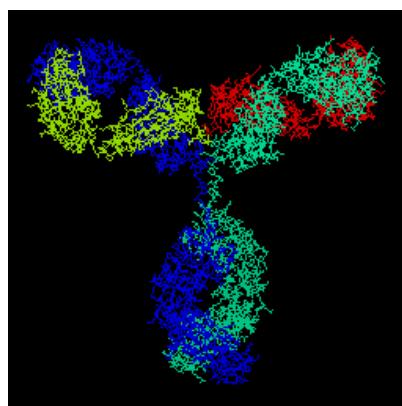
Fuente: Temas Selectos de Ciencias, s. f.

- Pregunta 2

Hemos mencionado en la pregunta previa que las proteínas resultan de la unión de muchos aminoácidos. De hecho, las cadenas proteicas se diferencian unas de otras en el tipo, número y orden de aminoácidos que las conforman. Entonces, ¿cómo se une un aminoácido con otro?

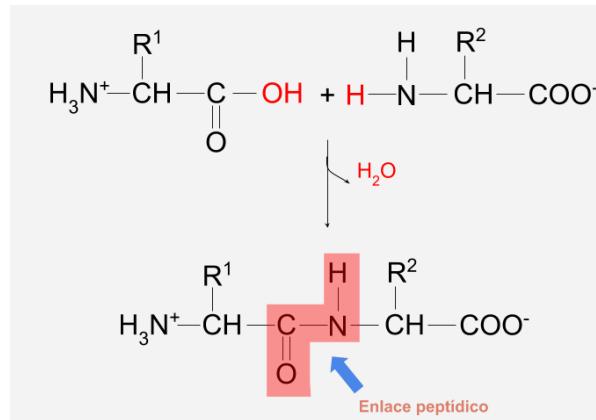
Pista: recordad que todos los aminoácidos tienen un grupo carboxilo y una amina.

A su vez, las cadenas proteicas se pliegan sobre sí mismas para formar estructuras tridimensionales. A continuación, se muestra la estructura tridimensional de un anticuerpo (figura complementaria 19). Estos pliegues son posibles gracias a interacciones entre las cadenas laterales de los aminoácidos. ¿Podéis enumerar dichas interacciones? Pista: ya hemos estudiado las interacciones intermoleculares en la unidad del enlace químico.

Figura complementaria 19. Estructura tridimensional de un anticuerpo

Fuente: INTEF, s. f.

Respuesta modelo. Las estructuras lineales de las proteínas resultan de la unión de aminoácidos consecutivos a través del denominado enlace peptídico. El enlace peptídico es un enlace covalente, con la estructura -CO-NH-, resultando de la reacción entre el grupo amino de un aminoácido y el grupo carboxilo del siguiente (figura complementaria 20).

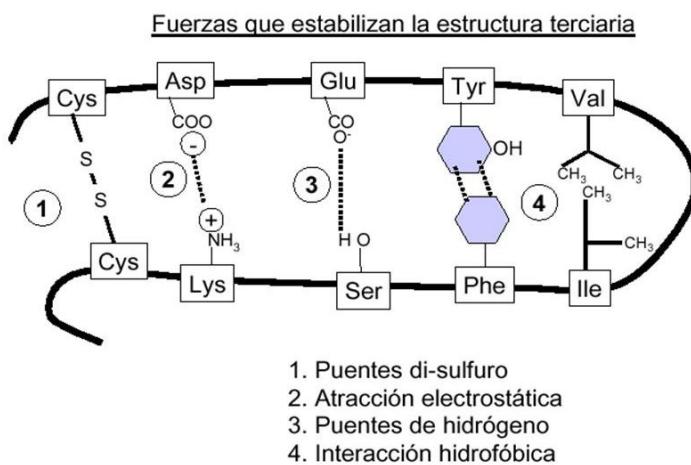
Figura complementaria 20. Estructura del enlace peptídico

Fuente: Química Sexto, s. f.

Las fuerzas o interacciones intermoleculares entre las cadenas laterales de los aminoácidos (figura complementaria 21), que permiten el pliegue de las cadenas son los puentes de hidrógeno (entre grupos hidroxilo de la serina o la treonina), atracción electrostática (entre grupos con carga opuesta, como el grupo carboxilo del aspartato y el glutamato y el grupo amino de la asparagina, la glutamina, la lisina, la arginina y la histidina) e interacciones hidrofóbicas (entre grupos aromáticos apolares de la fenilalanina, la tirosina y el triptófano).

Asimismo, los grupos tiol (-SH) de dos cisteínas pueden unirse mediante un enlace covalente denominado puente disulfuro.

Figura complementaria 21. Interacciones intermoleculares en las proteínas



Fuente: Menéndez, s. f.

- **Pregunta 3**

Habéis analizado la composición química de las proteínas. Las proteínas tienen múltiples funciones en el organismo, como enzimática, hormonal, reconocimiento de señales, transporte, estructural, defensa, movimiento, reserva, transducción de señales o reguladora. Por ejemplo, los anticuerpos son proteínas. Las vacunas inyectadas contra una enfermedad infecciosa estimulan la producción de anticuerpos por células de nuestro sistema inmune, previniendo infecciones de virus o bacterias, causantes de la enfermedad correspondiente. En definitiva, un tipo de proteína son los anticuerpos, con función inmune. Nos centraremos únicamente en la función de las proteínas como anticuerpos, pues forman parte de la temática central de la actividad divulgativa "vacunas contra la Covid-19". En el siguiente video (figura complementaria 22), La Hiperactina resume el funcionamiento del sistema inmune ante bacterias, virus o células cancerosas (https://www.youtube.com/watch?v=NHOiq_wZQ0Q).

Figura complementaria 22. *Video explicativo del sistema inmunitario*

Fuente: La Hiperactina, 2020

El funcionamiento del sistema inmune consiste en la respuesta inmunitaria innata y la respuesta inmunitaria específica. La respuesta innata es genérica e inespecífica para todos los patógenos. En ella, participan varios tipos celulares, como las células fagocíticas que digieren el patógeno. Estas células fagocíticas se clasifican en neutrófilos, causantes de la inflamación, y los macrófagos presentadores de antígeno, causantes de la fiebre. Los antígenos son proteínas u otros elementos presentes en la superficie del patógeno o célula cancerosa.

En cambio, la respuesta inmunitaria específica es más eficaz que la innata. Los linfocitos T actúan como mediadores de esta respuesta, activando los linfocitos B. Estos linfocitos B se diferencian en células plasmáticas, encargadas de la producción de anticuerpos o inmunoglobulinas. Los anticuerpos son capaces de reconocer los antígenos de membrana de los patógenos o células cancerosas, señalizándolas y activando el sistema inmune. Los linfocitos B también se diferencian en células de memoria, encargadas de guardar información sobre el patógeno, para acordarse posteriormente de él. Si el patógeno vuelve a infectar al organismo, las células de memoria producirán rápidamente anticuerpos contra él, lo que se denomina memoria inmunitaria. La memoria inmunitaria constituye la base de las vacunas.

Las vacunas son microorganismos inactivados o antígenos de su superficie, sin capacidad de infección, pero que producen una respuesta inmunitaria específica, dando lugar a la generación de células de memoria que recuerdan el patógeno. De este modo, si el organismo se infecta con el patógeno real en el futuro, el sistema inmune contraataca con una respuesta muy rápida y eficaz, evitando que el patógeno desemboque en una enfermedad. Cabe destacar que existen otros grupos de proteínas implicados, como los receptores de membrana, los interferones o las citoquinas, como las quimiocinas y las interleucinas.

Como se deduce, la respuesta inmunitaria es compleja y con tecnicismos. Por tanto, no podéis aportar esta abrumante cantidad de información a los futuros destinatarios. El objetivo de esta pregunta es redactar, con vuestras propias palabras, en qué consiste la respuesta inmunitaria específica, con los anticuerpos y los antígenos, seguido de la importancia de las vacunas para activar la memoria inmunitaria, evitando así la enfermedad en caso de infección. Esta información será imprescindible en el taller divulgativo.

Respuesta modelo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado textos recomendables, dirigidos a lectores sin conocimiento de ciencia, sobre la respuesta inmune natural del cuerpo ante un patógeno, la ayuda y actuación de las vacunas en la prevención de una enfermedad infecciosa y en qué consiste la vacunación. Dicha información está disponible en la página web oficial de la OMS (<https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/covid-19-vaccines/how-do-vaccines-work> y <https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination>).

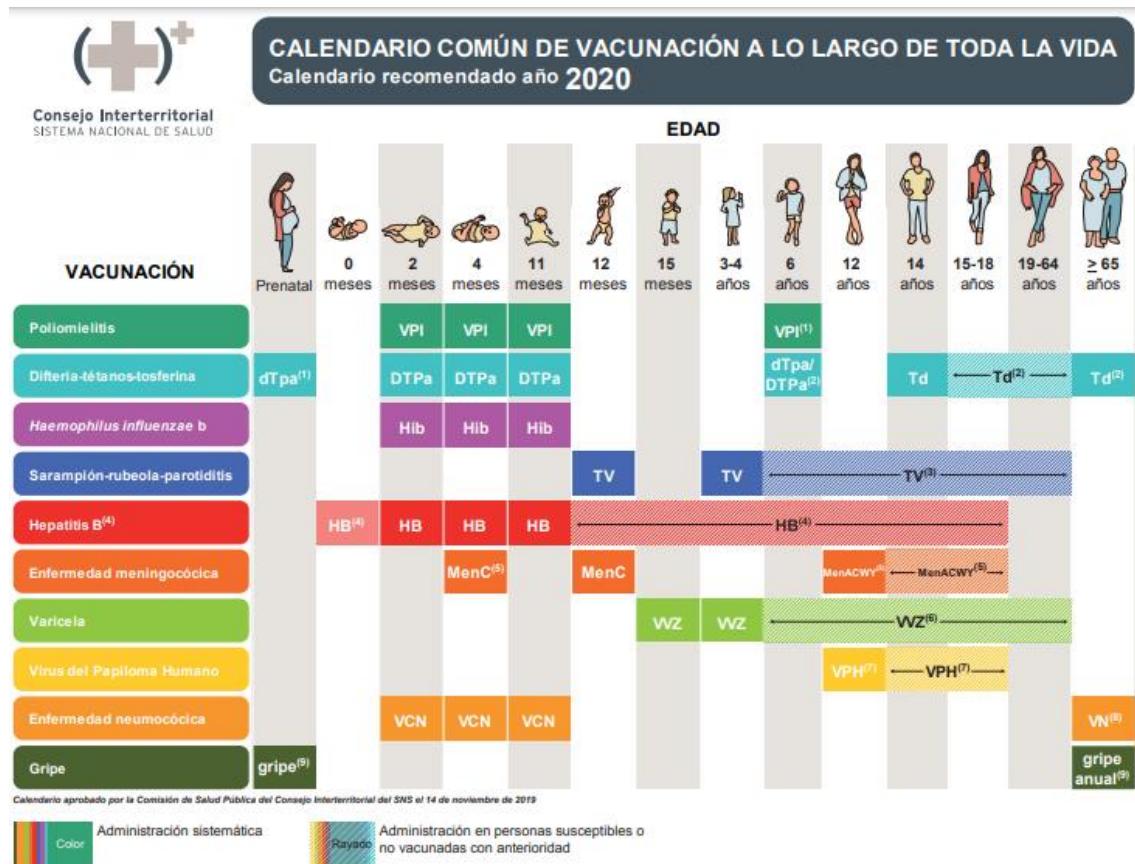
- Pregunta 4

A pesar del exhausto plan de vacunación frente a la pandemia de la Covid-19 y la continua desconfianza y desinformación, las vacunas no son suponen un fármaco nuevo. De hecho, nos vacunamos contra varios patógenos a lo largo de nuestra vida en España. Incluso, si viajamos a determinados países con riesgo de contraer enfermedades infecciosas concretas, deben administrarnos la vacuna correspondiente. ¿Frente a que patógenos o enfermedades infecciosas te han vacunado a lo largo de tu vida? ¿Y a tus familiares? Pista: puedes buscarlo en tu cartilla de vacunación personal o en el calendario de vacunación para toda la vida.

“Ciencia en la Sobarriba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

Respuesta modelo. La Consejería de Sanidad de la Junta de Castilla y León publica anualmente el calendario común de vacunación a lo largo de toda la vida. El calendario del año 2020 (figura complementaria 23) está disponible en la página web oficial de la Consejería de Sanidad (<https://www.saludcastillayleon.es/profesionales/es/vacunaciones/calendario-comun-vacunacion-largo-toda-vida-calendario-reco>).

Figura complementaria 23. Calendario común de vacunación a lo largo de toda la vida



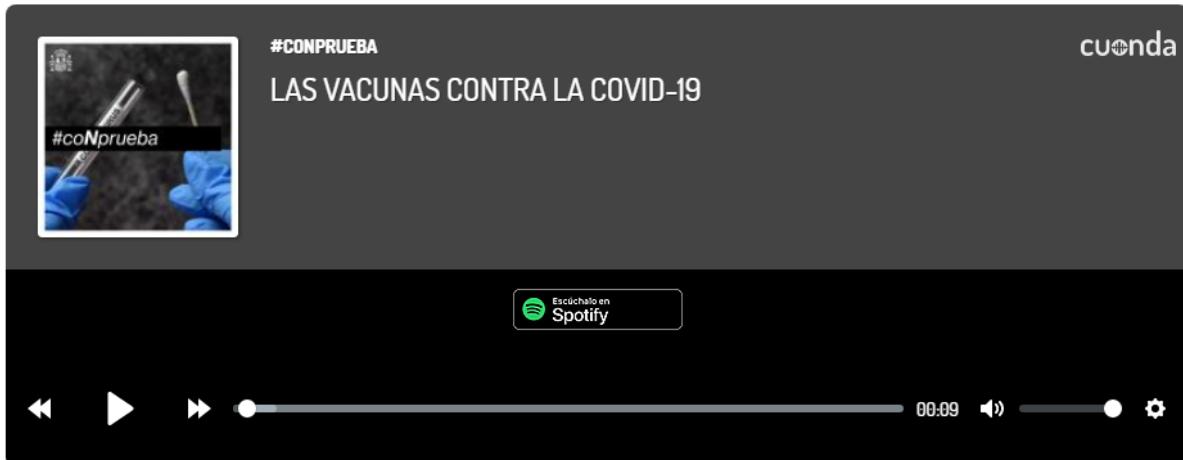
Fuente: Sanidad de Castilla y León, s. f.

- **Pregunta 5 (técnica Co-Op Co-Op de aprendizaje cooperativo)**

Debéis escuchar el siguiente podcast (figura complementaria 24), titulado “Las vacunas contra la Covid-19”, del Ministerio de Ciencia e Innovación, presentado por el ministro Pedro Duque (<https://www.isciii.es/InformacionCiudadanos/DivulgacionCulturaCientifica/DivulgacionISCIII/Paginas/Divulgacion/PodcastVacunasCOVID19.aspx>). En este podcast, participan Sonia Zuñiga, investigadora del Centro Nacional de Biotecnología (CNB), uno de los centros de investigación más importantes del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC),

Raquel Gutiérrez Díez
"Ciencia en la Sobrariba": propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales
Cristóbal Belda, subdirector de Evaluación y Fomento de la Investigación del Instituto de Salud Carlos III (ISCIII), y María Jesús Llamas, directora de la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS).

Figura complementaria 24. *Podcast sobre las vacunas contra la Covid-19*



Fuente: Instituto de Salud Carlos III, 2020

Como se deduce, el contenido divulgativo aportado sobre las vacunas contra la Covid-19 en este podcast es estrictamente riguroso y fundamentado, dada la participación de científicos con un profundo conocimiento en el campo, procedentes de los principales organismos científicos de España. De hecho, la AEMPS es una agencia adscrita al Ministerio de Sanidad, responsable de garantizar la eficacia, la calidad y la seguridad de los medicamentos en nuestro país. Analizaremos su página posteriormente (<https://www.aemps.gob.es/>).

El podcast divulga sobre los prototipos de vacunas, el proceso de investigación y desarrollo de una vacuna y los ensayos clínicos. Tras escucharlo, nos centramos en el proceso de investigación y desarrollo de una vacuna. Las fases de investigación y desarrollo de una vacuna, así como cualquier otro fármaco, se muestran en la figura complementaria 25).

No tendréis que investigar todas las fases. En cambio, cada subgrupo se encargará de la indagación de los siguientes aspectos: etapa exploratoria y etapa preclínica (subgrupo IIa), industrialización y normativa GMP (subgrupo IIb), ensayos clínicos en humanos (subgrupo IIc) y revisión reglamentaria y aprobación (subgrupo IIId). A continuación, se publicarán cuatro preguntas. Cada subgrupo tendrá que preocuparse por responder solamente a su pregunta correspondiente. Tras corregir vuestras respuestas, todos los miembros del equipo II

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales realizareis una videoconferencia, en la que cada subgrupo explicará los resultados de su investigación al resto de los miembros. Debéis procurar que todos los miembros del equipo II sepan exactamente lo mismo que vosotros, como si hubieran llevado a cabo el proceso de indagación de todas las fases.

Figura complementaria 25. Fases de investigación y desarrollo de una vacuna

Esquema secuencial tradicional para obtener una vacuna



Fuente: Urbiztondo et al., 2020

- **Pregunta 5.1 (técnica Co-Op Co-Op de aprendizaje cooperativo)**

El subgrupo IIa os encargaréis de indagar sobre las dos primeras fases de investigación y desarrollo de una vacuna, es decir, la etapa exploratoria y la etapa preclínica. Debéis describir, de forma general, en qué consisten. Pista: la etapa exploratoria tiene lugar en los laboratorios de investigación mientras que la preclínica en animalarios.

Respuesta modelo. En la etapa exploratoria, participan varios grupos de investigación independientes en sus laboratorios, procedentes de universidades, empresas u otros organismos. Los científicos realizan pruebas con antígenos en cultivos celulares, en búsqueda de antígenos como posibles candidatos a vacunas. Recordamos que los antígenos son proteínas u otros elementos del virus que pueden provocar una respuesta inmune. Estas pruebas se basan en ensayo y error, es decir, tras hacer pruebas con una gran variedad de antígenos, la mayoría aportarán resultados negativos, pero algunos resultarán satisfactorios. Los antígenos con resultados adecuados avanzarán a la siguiente fase como futuros candidatos a vacunas.

Los siguientes ensayos son los preclínicos, en los que los antígenos candidatos a vacunas son administrados en animales, comenzando con ratones y ratas. Estos animales son criados y cuidados en animalarios, bajo estrictas medidas de bioseguridad e higiene. Aquellos antígenos candidatos que, tras ser inyectados en animales, desembocan la mejor memoria inmunitaria, protegiendo frente a futuras infecciones y sin efectos secundarios, avanzan a la siguiente fase. Una vez escogido el prototipo de vacuna, es decir, el antígeno o fragmento de virus frente al que las personas generarán una correcta respuesta inmunitaria, se procede con la fase de industrialización.

- **Pregunta 5.2 (técnica Co-Op Co-Op de aprendizaje cooperativo)**

Previamente en la etapa exploratoria, se ha diseñado un prototipo de vacuna en un laboratorio de investigación. En la etapa preclínica, se confirma que el prototipo de vacuna tiene una eficacia adecuada y no produce efectos adversos en animales. La siguiente fase es la industrialización. El subgrupo IIb debéis explicar, de forma general, en qué consiste. Asimismo, en vuestra futura visita a mAbxience, os insistirán continuamente en la aplicación de la normativa GMP, tanto en la fase de industrialización como en la fabricación posterior. ¿Qué es la normativa GMP y por qué es necesaria?

Respuesta modelo. La industrialización consiste en investigar y desarrollar una cadena de producción de la vacuna viable, de modo que sea posible fabricar millones de dosis al año que lleguen a toda la población y resulte económicamente rentable. Los pasos del proceso de industrialización son las mismas para una vacuna que para cualquier otro fármaco. En vuestra

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

futura visita a mAbxience, observareis las primeras pruebas de producción de anticuerpos a pequeña escala en los laboratorios de Investigación y Desarrollo, su puesta a punto en una planta piloto a media escala y la fabricación a gran escala en la planta de producción. Una vez se confirma que el fármaco es industrializable, comienzan los ensayos clínicos en humanos.

GMP son las siglas en inglés de *Good Manufacturing Practices*. En castellano, se denominan Normas de Correcta Fabricación (siglas NCF). Las normas GMP son establecidas por la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS), como transposición de la normativa europea. Se puede consultar la Guía de Normas de Correcta Fabricación en la página web oficial de la AEMPS (<https://www.aemps.gob.es/industria-farmaceutica/guia-de-normas-de-correcta-fabricacion/>). Las normas GMP son directrices que definen los estándares de calidad de cualquier medicamento. En definitiva, seguir las normas GMP asegura que un fármaco tiene garantía de calidad. Estas normas deben seguirse rigurosamente en todas las fases de un fármaco, es decir, la etapa exploratoria, la etapa preclínica, los ensayos clínicos y la fabricación. A su vez, debe aplicarse en todas las variables implicadas en el proceso (figura complementaria 26).

Figura complementaria 26. Variables implicadas en la normativa GMP



Fuente: Carazo, 2020

- **Pregunta 5.3 (técnica Co-Op Co-Op de aprendizaje cooperativo)**

Previamente en la etapa preclínica, se confirma que una vacuna, diseñada en un laboratorio de investigación, tiene una respuesta inmunitaria adecuada y no produce efectos adversos en

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales animales. Asimismo, una industria farmacéutica comprueba la viabilidad en la industrialización de una vacuna, es decir, que la producción es económicamente viable. Para la industrialización, se procede con pruebas que veréis en los laboratorios de I+D y la planta piloto de mAbxience. Entonces, comienzan los ensayos clínicos en humanos, con cuatro fases. Mientras tanto, la planta farmacéutica continúa con la puesta a punto de la producción de la vacuna. Cristóbal Belda y María Jesús Llamas divultan en el podcast “Las vacunas contra la Covid-19” sobre los ensayos clínicos, que garantizan la seguridad de las vacunas. El subgrupo IIc tenéis que explicar en qué consisten las cuatro fases de los ensayos clínicos en humanos.

Respuesta modelo. Cuando se administra una vacuna, así como cualquier otro fármaco, por primera vez a la población, debe tenerse claro que la vacuna es segura. La seguridad de la vacuna es principal, es decir, si la vacuna conlleva una adecuada respuesta inmunitaria en animales y es industrializable, pero no es segura, no será autorizada finalmente. Por ello, deben recogerse y publicarse los datos de seguridad de la vacuna en la totalidad de sus fases. En definitiva, las vacunas tienen un desarrollo clínico muy riguroso y exigente, pues la seguridad prevalece por encima de todo. Las fases de los ensayos clínicos en personas se describen en la página web oficial de la AEMPS (<https://www.aemps.gob.es/la-aemps/ultima-informacion-de-la-aemps-acerca-del-covid%e2%80%9119/vacunas-contra-la-covid%e2%80%9119/desarrollo-de-vacunas/>).

Figura complementaria 27. Fases de los ensayos clínicos de una vacuna



Fuente: Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios, s. f.

- **Pregunta 5.4 (técnica Co-Op Co-Op de aprendizaje cooperativo)**

Vuestros compañeros del equipo II están investigando las fases de investigación y desarrollo de un fármaco, es decir, la etapa exploratoria, la etapa preclínica, los ensayos clínicos y la industrialización. Tanto en este proceso como en la futura fabricación, es obligatorio un registro documental de todas las pruebas y actividades realizadas. Vuestros compañeros también enfatizarán la relevancia de los datos de seguridad de un fármaco cuando se administra en animales y personas, así como la exigencia de aplicar la normativa GMP para que un fármaco cumpla con las garantías de calidad. Si no se cumplen estos requisitos, nunca se autorizará la fabricación, comercialización y administración de una vacuna en la población. El subgrupo IIId debéis buscar qué institución es responsable de aprobar la fabricación y comercialización de un fármaco en Europa y en qué consiste esta fase de autorización.

Respuesta modelo. La Agencia Europea de Medicamentos (EMA) es la encargada de autorizar la fabricación y comercialización de cualquier fármaco en Europa (https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/ema_es). Como se resume en la figura complementaria 28, la empresa farmacéutica que quiere fabricar una vacuna, u otro fármaco, solicita inicialmente la autorización de comercialización en la Unión Europea. Para ello, reúne la documentación recogida en las fases previas, relativa a calidad, seguridad y eficacia, en un único expediente. Dicho expediente será evaluado por la EMA. Si la EMA emite una evaluación positiva de la vacuna, la Comisión Europea autoriza la comercialización en la Unión Europea. Las fases de evaluación y autorización de una vacuna se describen en la página web oficial de la AEMPS (<https://www.aemps.gob.es/la-aemps/ultima-informacion-de-la-aemps-acerca-del-covid%e2%80%9119/vacunas-contra-la-covid%e2%80%9119/evaluacion-y-autorizacion-de-vacunas/>).

Cabe destacar que, durante comercialización y administración de la vacuna, la EMA y la AEMPS continúan vigilando que se cumpla la normativa GMP, así como un seguimiento de posibles reacciones adversas en personas vacunadas, a través de un proceso denominado farmacovigilancia. El proceso de farmacovigilancia es descrito en la página web oficial de la AEMPS (<https://www.aemps.gob.es/la-aemps/ultima-informacion-de-la-aemps-acerca-del-covid%e2%80%9119/vacunas-contra-la-covid%e2%80%9119/farmacovigilancia-de-vacunas/>).

Figura complementaria 28. Fases de evaluación y autorización de una vacuna



Fuente: Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios, s. f.

- **Salida pedagógica a la empresa biotecnológica mAbxience**

Los alumnos del grupo de clase visitan mAbxience (figura complementaria 29), una empresa biotecnológica con equipamiento puntero, localizado en el Parque Tecnológico de León. De este modo, los alumnos observan las fases de industrialización y fabricación de un anticuerpo. En el siguiente video, se visualizan las instalaciones de la planta de mAbxience (<https://www.mabxience.com/es/productos/produccion/planta-mabxience-leon/>).

Figura complementaria 29. Empresa biotecnológica mAbxience en León



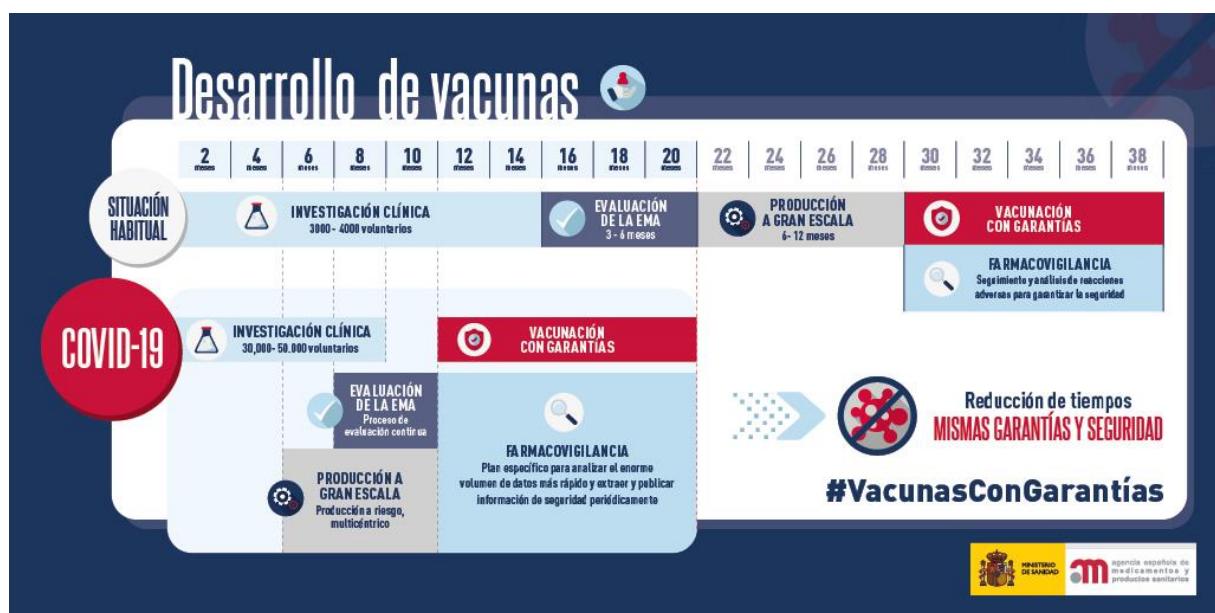
Fuente: mAbxience, s. f.

- Pregunta 6

Cristóbal Belda señala en el podcast "Las vacunas contra la Covid-19" que el proceso de investigación y desarrollo de una vacuna tarda entre ocho y diez años. ¿Cómo ha sido posible crear, producir y comercializar vacunas en menos de un año frente a la pandemia del coronavirus? Para responder a esta pregunta, no tenéis que buscar información en la web. En cambio, partiendo de la indagación previa sobre las fases de investigación y desarrollo de una vacuna, debéis reflexionar sobre cómo ha sido posible recortar los tiempos requeridos para cada fase. Mediante un debate, opinaréis sobre las aportaciones de otros compañeros. No os preocupéis si vuestras respuestas son erróneas, ya que lo importante son vuestras reflexiones y opiniones, críticas y fundamentadas en lo que habéis indagado previamente.

Respuesta modelo. El profesor ofrecer retroalimentación durante el debate para enriquecerlo. Finalmente, publica la descripción del proceso de aceleración de disponibilidad de las vacunas contra la Covid-19, procedente de la página web oficial de la AEMPS (<https://www.aemps.gob.es/la-aemps/ultima-informacion-de-la-aemps-acerca-del-covid%e2%80%9119/vacunas-contra-la-covid%e2%80%9119/como-ha-sido-possible-acelerar-tanto-la-disponibilidad-de-vacunas/>). Su esquema se muestra en la figura complementaria 30.

Figura complementaria 30. Comparativa de los períodos de investigación y desarrollo de una vacuna común y las vacunas contra la Covid-19



Fuente: Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios, s. f.

En resumen, la experiencia científica previa en la creación de vacunas y el solapamiento entre la etapa exploratoria, la etapa preclínica, los ensayos clínicos y la industrialización, ha acelerado significativamente el proceso de investigación y desarrollo de las vacunas contra la Covid-19. Asimismo, la colaboración entre instituciones europeas, gobiernos estatales y compañías farmacéuticas ha recortado los tiempos respecto a la gestión burocrática de autorización, comercialización y distribución.

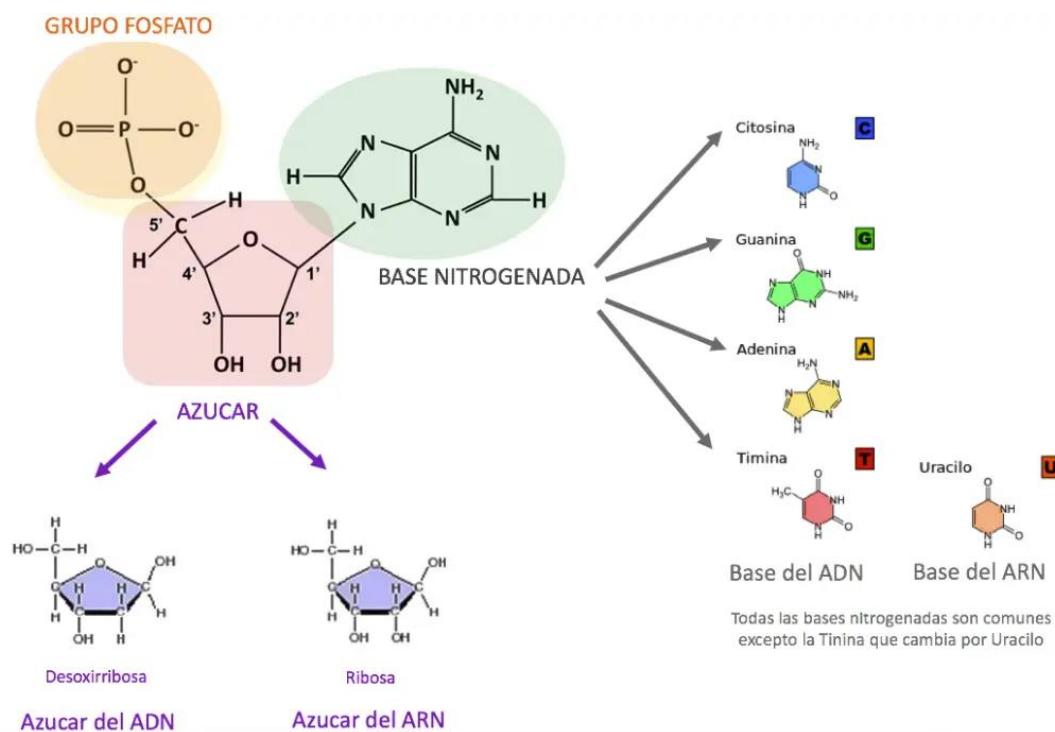
- **Pregunta 7**

En la actualidad, la EMA ha autorizado cuatro vacunas frente a la Covid-19 en la Unión Europea: Comirnaty de BioNTech-Pfizer, Vaxzevria de AstraZeneca, Covid-19 Vaccine Moderna de Moderna y Covid-19 Vaccine Janssen de Janssen. Podéis consultar información sobre las vacunas autorizadas en la página web oficial de la AEMPS (<https://www.aemps.gob.es/la-aemps/ultima-informacion-de-la-aemps-acerca-del-covid%e2%80%9119/vacunas-contra-la-covid%e2%80%9119/informacion-de-vacunas-autorizadas/>). Las vacunas de Pfizer y Moderna están compuestas de ARN mensajero, es decir, una única cadena de ácido ribonucleico. En cambio, las vacunas de AstraZeneca y Janssen están compuestas por otro virus inocuo para las personas, denominado adenovirus. Este adenovirus ha sido modificado genéticamente introduciendo un gen de la Covid-19, compuesto por una doble cadena de ADN, es decir, dos cadenas de ácido desoxirribonucleico unidas. Retomamos la química de las biomoléculas en esta pregunta ya los ácidos nucleicos constituyen un tipo de biomolécula. Los ácidos nucleicos son largas cadenas de moléculas orgánicas unidas, denominados nucleótidos. La estructura de un nucleótido es la siguiente:

- Un grupo fosfato: anión PO_4^- del ácido fosfórico H_3PO_4 .
- Un azúcar: el ADN tiene un tipo de azúcar, mientras que el ARN otro. ¿Cuáles son? ¿En qué se diferencian? ¿Qué grupos funcionales de los que acabamos de estudiar en el tema de química orgánica identificáis?
- Una base nitrogenada: existen cinco bases nitrogenadas ¿Cuáles son? El ADN y el ARN, además de diferenciarse en el tipo de azúcar, tampoco contienen las mismas bases nitrogenadas. ¿En qué se diferencian?

Respuesta modelo. El azúcar del ADN es la desoxirribosa y el del ARN la ribosa. Ambos son hidrocarburos cíclicos denominados pentosas, con un grupo éter y radicales hidroxilos. La diferencia entre ambos es que la ribosa contiene un radical hidroxilo en el carbono dos. Por otra parte, las cinco bases nitrogenadas son adenina, guanina, citosina, timina y uracilo. Su composición química se basa en heterociclos, en los que no profundizaremos en 4º ESO. Tanto el ADN como el ARN contienen adenina, guanina y citosina. En cambio, el ADN contiene timina y el ARN uracilo. Esta descripción se esquematiza en la figura complementaria 31.

Figura complementaria 31. Estructura y composición de los nucleótidos



Fuente: Calvo, 2017

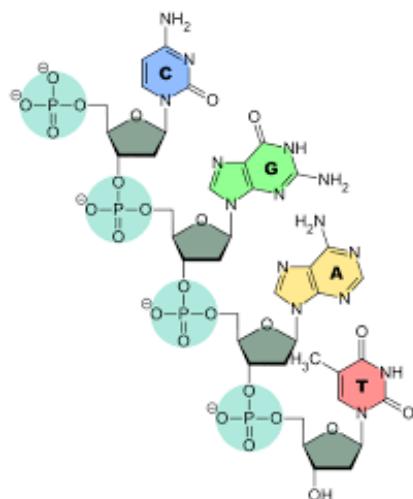
- **Pregunta 8**

En la pregunta 7, hemos mencionado que los ácidos nucleicos son largas cadenas de nucleótidos unidos. De hecho, las cadenas de ácidos nucleicos se diferencian unas de otras en la secuencia de nucleótidos. Entonces, ¿cómo se une un nucleótido a otro? Pista: recordad que todos los nucleótidos tienen un azúcar pentosa y un grupo fosfato. En la descripción de los tipos de vacunas de la pregunta 7, hemos visto que las de Pfizer y Moderna están compuestas de una única cadena de ARN mensajero. En cambio, las vacunas de AstraZeneca y Janssen contienen, en el interior del adenovirus, un gen de la Covid-19, es decir, una doble

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales
cadena de ADN. ¿Cómo se asocian dos cadenas de ADN? Pista: la unión se produce a partir un tipo de interacción intermolecular.

Respuesta modelo. Dos nucleótidos se unen con un enlace fosfodiéster, es decir, un tipo de enlace covalente entre grupo hidroxilo del carbono tres de la pentosa de un nucleótido y el grupo fosfato del otro nucleótido (figura complementaria 32).

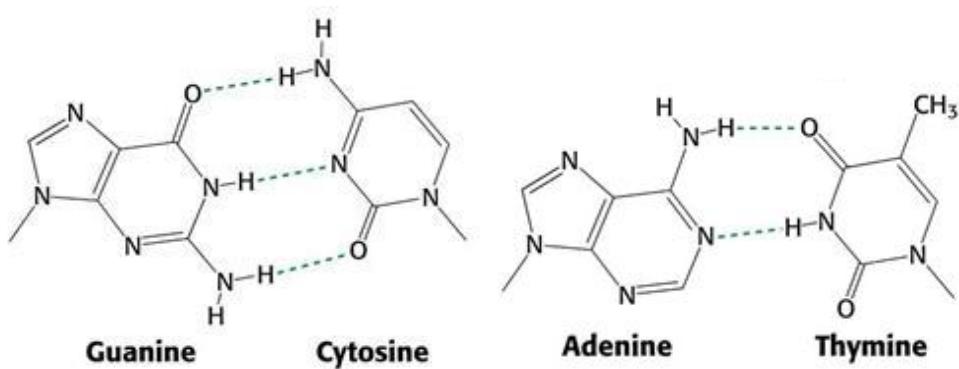
Figura complementaria 32. Estructura del enlace fosfodiéster



Fuente: Biología-Geología.com, s. f.

Un gen está compuesto de dos cadenas de ADN unidas, formando una estructura denominada “doble hélice”. Esta unión tiene lugar mediante puentes de hidrógeno, es decir, interacciones intermoleculares O-H y N-H entre pares de bases nitrogenadas de las cadenas. La unión de los pares de bases nitrogenadas siempre son adenina-timina, con dos puentes de hidrógeno, y guanina-citosina, con tres puentes de hidrógeno (figura complementaria 33).

Figura complementaria 33. Puentes de hidrógeno entre pares de bases nitrogenadas



Fuente: Sancho, s. f.

- **Pregunta 9**

Hemos visto previamente la clasificación de las vacunas contra la Covid-19, compuestas de ácidos nucleicos, bien RNA mensajero o adenovirus constituidos por una doble cadena de ADN. Cuando se inyecta una de estas vacunas en una persona, los mRNA o adenovirus penetran en sus células. Haciendo uso de la maquinaria de expresión genética de estas células, los mRNA o adenovirus contienen las instrucciones o información para producir temporalmente una proteína. En todas las vacunas, la proteína producida se corresponde con la espícula de la capsula del virus Covid-19. La proteína de la espícula actúa como antígeno, activando la respuesta inmune, la producción de anticuerpos y la creación de memoria inmunitaria. Nos centramos en la Biología molecular. Tras la administración de la vacuna, ¿cuáles son los pasos de expresión de la información genética para la producción de la proteína antigénica?

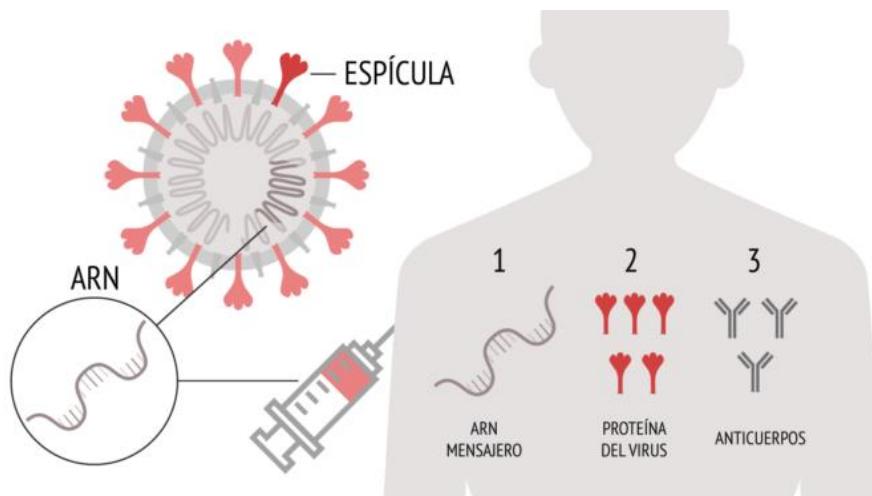
Respuesta modelo. En el caso de las vacunas de Pfizer y Moderna, el ARN mensajero es traducido por la maquinaria de la célula en la proteína antigénica. Respecto a las vacunas de AstraZeneca y Janssen, el gen del adenovirus se transcribe primero en un ARN mensajero; luego el ARN mensajero también se traduce en la proteína. Se enumeran los procesos de expresión de la información genética en la figura complementaria 34.

Figura complementaria 34. Proceso de expresión genética

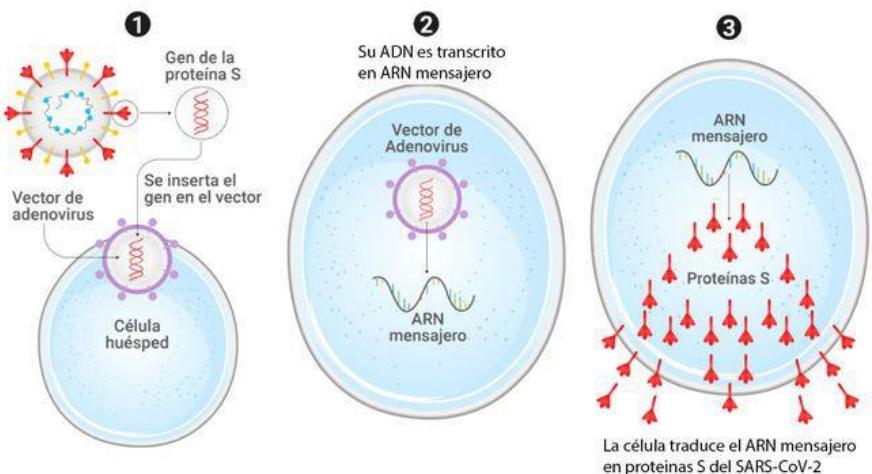


Fuente: elaboración propia

Para facilitar la comprensión del proceso de expresión de la información genética de las vacunas, en la figura complementaria 35 se muestra el mecanismo de actuación de una vacuna de ARN mensajero (<https://www.elindependiente.com/vida-sana/salud/2020/11/11/como-funciona-la-vacuna-de-pfizer-contra-el-coronavirus/>), mientras que en la figura complementaria 36 el de una vacuna de adenovirus (<https://larepublica.pe/verificador/2020/11/24/no-las-potenciales-vacunas-contra-la-covid-19-no-alteran-nuestro-adn/?ref=lre>).

Figura complementaria 35. Mecanismo de la vacuna de ARN mensajero

Fuente: Castro, 2021

Figura complementaria 36. Mecanismo de la vacuna de adenovirus

Fuente: Gonzales, 2020

- Pregunta 10

Una de las principales noticias de actualidad en torno a las vacunas contra la Covid-19 son los casos de trombosis en personas vacunadas, así como los continuos cambios en el plan de vacunación en nuestro país. En todo caso, estamos expuestos a continua sobreinformación en los medios de comunicación y redes sociales, lo que ha desembocado en alarmismo social, desconfianza y muchos ciudadanos que no quieren vacunarse. Evidentemente, cualquier

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

persona tiene libertad para opinar. Sin embargo, el objetivo de este taller de divulgación es que tanto vosotros como vuestros futuros destinatarios opinéis, pero de forma objetiva y fundamentada en información científica fiable. Para ello, habéis realizado una búsqueda de información sobre las vacunas, sus fases de investigación, desarrollo y autorización y las estrictas medidas de seguridad y calidad, en páginas web de organismos e instituciones oficiales, sobre las que informaréis a vuestros destinatarios en el taller de divulgación.

En vuestro taller de divulgación, podréis encontraros con destinatarios cuya opinión sea “no quiero que experimenten conmigo”, “no pueden ver los efectos secundarios en una vacuna creada en tan poco tiempo” o “no quiero que me vacunen con la vacuna de AstraZeneca por si me produce un trombo”. Incluso en medios de comunicación, con elevados índices de audiencia, escuchamos opiniones como “no me quiero vacunar con AstraZeneca”. En el siguiente video del programa *El Hormiguero* (figura complementaria 37), en el canal de televisión Antena 3, podéis escuchar un debate sobre el plan de vacunación (https://www.antena3.com/programas/el-hormiguero/noticias/decision-tamara-falco-astrazeneca_202104156078acc38beb390001503db9.html).

Figura complementaria 37. Debate sobre vacunas frente a la Covid-19 en *El Hormiguero*



Fuente: Antena 3, 2021

Terminamos el proceso indagatorio con la siguiente reflexión: ¿Qué pensáis sobre las opiniones aportadas en El Hormiguero? ¿Podemos creernos todo lo que dicen los medios de comunicación? ¿Qué responderíais si un destinatario aportara esta respuesta en las jornadas divulgativas? Podéis establecer un debate, opinando sobre las aportaciones de otros compañeros.

Respuesta modelo. Opiniones como las aportadas en El Hormiguero no deben tenerse en consideración, pues no se sostienen en datos rigurosos procedentes de fuentes fiables. Si una persona muestra esta opinión, no debemos imponer nuestra forma de pensar. Sin embargo, sí que podemos explicarles la información en la que nos fundamentamos, procedente de científicos expertos e instituciones oficiales. En consecuencia, lograremos que nuestros destinatarios estén mejor informados y puedan decidir de forma responsable si quieren vacunarse o no. Finalmente, para aquellos destinatarios interesados en vacunarse, se proporcionará el enlace con los lugares y las fechas del plan de vacunación contra la Covid-19 de la Junta de Castilla y León (<https://www.saludcastillayleon.es/es/covid-19-poblacion/vacunacion-covid/lugares-vacunacion>).

c. Proceso de elaboración del taller

Guía planificada del taller de la actividad “vacunas contra la Covid-19”

Se constituye como objetivo de este taller divulgativo la promoción de la alfabetización científica, es decir, que los ciudadanos dispongan de conocimientos básicos de ciencia, para poder tomar decisiones más responsables en su vida diaria, sobre temas relacionados con el ámbito científico. Concretamente, este taller busca transmitir información rigurosa, procedente de científicos expertos e instituciones oficiales, sobre los tipos de vacunas contra la Covid-19 y su proceso de investigación y desarrollo. De este modo, los destinatarios estarán mejor informados, para tomar una decisión fundamentada sobre si vacunarse o no.

Los miembros del equipo II comenzarían el taller introduciendo la situación actual de alarmismo e incertidumbre ante el plan de vacunación contra la Covid-19. Seguidamente, preguntarían a los destinatarios si ellos se vacunarían o no, indicando los motivos para ello,

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales generando un clima de debate y atención. Entonces, los alumnos recalcarán que la mayoría de las opiniones no muestran el rigor científico adecuado y que van a aclarar algunos fundamentos, para que comprendan mejor el panorama actual. Comienzan explicando qué son las vacunas y su papel en generar inmunidad frente a un patógeno, como la Covid-19. Para ello, pueden apoyarse en una representación de la respuesta inmune, utilizando figuras de células, virus, anticuerpos y antígenos, fabricados con papel de manualidades. De la misma manera, explican la actuación de los dos tipos de vacunas, es decir, ARN mensajero y adenovirus.

A continuación, se explican resumidamente las fases del proceso de investigación y desarrollo de una vacuna, evitando conceptos técnicos. Para la explicación, los alumnos se apoyarán en una infografía, mostrando esquemáticamente las fases, con códigos QR enlazados a páginas web oficiales de la AEMPS, con contenido divulgativo y riguroso sobre las mismas. Los destinatarios podrían acceder con sus propios móviles o tabletas prestadas. A lo largo del proceso, se enfatizará que todas operaciones han sido estrictamente documentadas y ejecutadas bajo directrices de calidad, incluyendo los datos que aseguran que la administración de la vacuna es segura para la salud de las personas. De lo contrario, la EMA nunca autorizaría la comercialización de una vacuna. Mencionando que el proceso suele tardar desde ocho a diez años, los alumnos preguntan a los destinatarios cómo creen que, en el caso de la vacuna contra la Covid-19, se ha reducido a menos de un año. Tras escuchar sus aportaciones, los alumnos relatan las medidas tomadas para reducir los períodos requeridos en las fases investigación y desarrollo de una vacuna.

Los últimos cinco minutos del taller se destinan a preguntas de los destinatarios, pues seguramente algunos tengan dudas o quieran profundizar en algunas ideas. Si se formulan cuestiones como “¿qué opinas de los casos de trombosis?” o “¿qué vacuna te gustaría que te administraran?”, los miembros del equipo II no deberán opinar en ningún momento, sino responder con aquellos conocimientos adquiridos en el proceso indagatorio. En definitiva, no se puede condicionar, sino informar.

Referencias bibliográficas

- Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. (s. f.). *¿Cómo ha sido posible acelerar tanto la disponibilidad de vacunas?* <https://www.aemps.gob.es/la-aemps/ultima-informacion-de-la-aemps-acerca-del-covid%e2%80%9119/vacunas-contra-la-covid%e2%80%9119/como-ha-sido-possible-acelerar-tanto-la-disponibilidad-de-vacunas/>
- Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. (s. f.). *Desarrollo de vacunas.* <https://www.aemps.gob.es/la-aemps/ultima-informacion-de-la-aemps-acerca-del-covid%e2%80%9119/vacunas-contra-la-covid%e2%80%9119/desarrollo-de-vacunas/>
- Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. (s. f.). *Evaluación y autorización de vacunas.* <https://www.aemps.gob.es/la-aemps/ultima-informacion-de-la-aemps-acerca-del-covid%e2%80%9119/vacunas-contra-la-covid%e2%80%9119/evaluacion-y-autorizacion-de-vacunas/>
- Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. (s. f.). *Farmacovigilancia de vacunas.* <https://www.aemps.gob.es/la-aemps/ultima-informacion-de-la-aemps-acerca-del-covid%e2%80%9119/vacunas-contra-la-covid%e2%80%9119/farmacovigilancia-de-vacunas/>
- Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. (s. f.). *Información de vacunas autorizadas.* <https://www.aemps.gob.es/la-aemps/ultima-informacion-de-la-aemps-acerca-del-covid%e2%80%9119/vacunas-contra-la-covid%e2%80%9119/informacion-de-vacunas-autorizadas/>
- Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. (2020, agosto 24). *Guía de Normas de Correcta Fabricación.* <https://www.aemps.gob.es/industria-farmaceutica/guia-de-normas-de-correcta-fabricacion/>
- Antena 3. (2021, abril 15). *La firme decisión de Tamara Falcó con las vacunas: "No quiero vacunarme con AstraZeneca".* <https://www.antena3.com/programas/el-hormiguero/noticias/decision-tamara-falco-astrazeneca-202104156078acc38beb390001503db9.html>
- Aprendo Plus. (2016, septiembre 10). *Las biomoléculas – glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos – todo sobre la célula 2 – biología* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=p0k0T2epEd8>
- Biología-Geología.com. (s. f.). *Estructura primaria del ADN.* https://biologia-geologia.com/biologia2/5211_estructura_primaria_del_adn.html
- Calvo, A. (2021, abril 7). Mabxience logra la acreditación europea para un medicamento bio contra el cáncer. *Diario de León.* <https://www.diariodeleon.es/articulo/leon/mabxience-logra-acreditacion-europea-medicamento-bio-cancer/202104070132172101889.html>
- Calvo, D. (2017, julio 11). *Definición de nucleótido.* Diego Calvo. <https://www.diegocalvo.es/definicion-de-nucleotido/>
- Carazo, A. (2020, diciembre 18). *Normas GMP (Good Manufacturing Practices).* Ingelyt. <https://ingelyt.com/wiki/normas-gmp-good-manufacturing-practices/>
- Castro, C. (2021, abril 15). *¿Cómo funciona la vacuna de Pfizer contra el coronavirus?* *El Independiente.* <https://www.elindependiente.com/vida-sana/salud/2020/11/11/como-funciona-la-vacuna-de-pfizer-contra-el-coronavirus/>

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

El ministro Pedro Duque visita mañana la planta farmacéutica y el campus universitario. (2021, abril 7). *Diario de León*. <https://www.diariodeleon.es/articulo/leon/ministro-pedro-duque-visita-mañana-planta-farmaceutica-campus-universitario/202104070132152101779.html>

Gonzales, R. (2020, noviembre 24). No, las potenciales vacunas contra la COVID-19 no alteran nuestro ADN. *La República Perú*. <https://larepublica.pe/verificador/2020/11/24/no-las-potenciales-vacunas-contra-la-covid-19-no-alteran-nuestro-adn/?ref=lre>

Instituto de Salud Carlos III. (2020, octubre 15). *¿Cómo se desarrollan las vacunas? Podcast de divulgación científica del Ministerio de Ciencia con participación del ISCIII*. https://www.isciii.es/InformacionCiudadanos/DivulgacionCulturaCientifica/DivulgacionIS_CIII/Paginas/Divulgacion/PodcastVacunasCOVID19.aspx

INTEF. (s. f.). *Inmunología* – 2º Bachillerato. <http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/2bachillerato/inmune/contenidos11.htm>

mAbxience. (s. f.). *España – Biosimilares en nuestra planta de León*. <https://www.mabxience.com/es/productos/produccion/planta-mabxience-leon/>

Menéndez, J. L. (s. f.). *Estructura terciaria de las proteínas*. Asturnatura. <https://www.asturnatura.com/articulos/proteinas/estructura-terciaria.php>

Ministerio de Sanidad (2021, abril 16). *Yo me vacuno seguro* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-gHdBUfzAiQ>

La Hiperactina. (2020, diciembre 13). *Así funciona tu sistema inmunitario: ¿cómo actúan las defensas?* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=NHOiq_wZQ0Q

Organización Mundial de la Salud. (s. f.). *¿Cómo actúan las vacunas?* <https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/covid-19-vaccines/how-do-vaccines-work>

Organización Mundial de la Salud. (2020, diciembre 30). *Vacunas e inmunización: ¿qué es la vacunación?* <https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination>

Química Sexto. (s. f.). *Péptidos*. <https://quimica-sexto.blogspot.com/2019/01/peptidos.html>

Sancho, J. (s. f.). *Lección 12. Estructura y estabilidad de DNA y RNA*. Instituto Universitario de Investigación, Biocomputación y Física de Sistemas Complejos. [https://www.bifi.es/~jsancho/estructuramacromoleculas/12Estructura%20y%20estabilidad%20de%20DNA%20y%20RNA.htm](https://www.bifi.es/~jsancho/estructuramacromoleculas/12Estructura%20y%20estabilidad%20de%20DNA%20y%20RNA/12Estructura%20y%20estabilidad%20de%20DNA%20y%20RNA.htm)

Sanidad de Castilla y León. (s. f.). *Calendario Común de vacunación a lo largo de toda la vida. Calendario recomendado CISNS para el año 2020*. <https://www.saludcastillayleon.es/profesionales/es/vacunaciones/calendario-comun-vacunacion-largo-toda-vida-calendario-reco>

Sanidad de Castilla y León. (s. f.). *Lugares de vacunación*. <https://www.saludcastillayleon.es/es/covid-19-poblacion/vacunacion-covid/lugares-vacunacion>

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

Temas Selectos de Ciencias (s. f.). *Aminoácidos.* https://temas-selectos-de-ciencias.blogspot.com/p/aminoacidos_3.html

Unión Europea. (s. f.). *Agencia Europea de Medicamentos (EMA).* https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/ema_es

Urbiztondo, L. C., Borràs, E. y Miranda, G. (2020). Vacunas contra el coronavirus: tiempos y candidatas. *Revista Vacunas,* 20. <https://www.elsevier.com/es-es/connect/coronavirus/vacunas-contra-covid-19-SARS-CoV-2>

Anexo E. Diseño de la acción de servicio: "ahorro energético"

a. Sesión introductoria

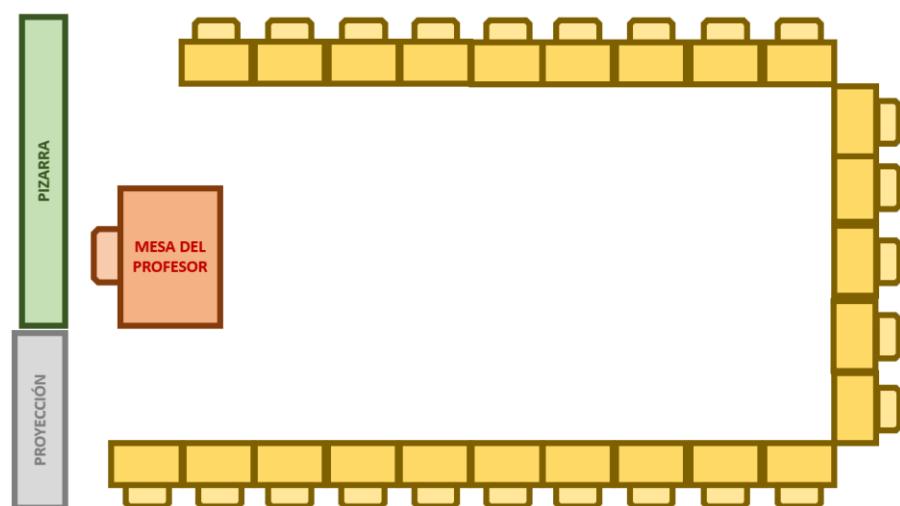
Descripción de las tareas y los recursos de la sesión introductoria

La primera sesión se destina a sensibilizar al grupo de clase de la actual repercusión del cambio climático y las futuras consecuencias si no se toman medidas urgentes. En el aula, se establece un agrupamiento en forma de "U" (figura complementaria 38). Se comienza mostrando, en el proyector, el tráiler de Interstellar, una película de ciencia ficción dirigida por Christopher Nolan (2014), en la que Matthew McConaughey y Anne Hathaway protagonizan dos astronautas que atraviesan un agujero negro y viajan a otras galaxias, en búsqueda de nuevos planetas habitables, ya que la humanidad está a punto de extinguirse en la Tierra, sin recursos naturales y devastada por el cambio climático y la explotación agrícola (<https://www.youtube.com/watch?v=UoSSbmD9vqc>). El profesor comenta el mensaje transmitido por la película: "la Tierra es un tesoro, pero estamos explotando sus recursos; llegará el punto en que se agoten y tengamos que mudarnos a otro planeta". Seguidamente, se proyecta el tráiler de El día de mañana, una película de ciencia ficción dirigida por Roland Emmerich (2004), en el que se muestran las terribles catástrofes naturales consecuentes del calentamiento global (<https://www.youtube.com/watch?v=yYAFP-Jy5Mo>). Aunque estas imágenes son efectos especiales, el profesor pregunta a los alumnos si han observado algún fenómeno meteorológico similar en alguna ocasión, identificando así sus ideas previas. Como posible respuesta, se proyecta un video con imágenes inéditas de la nevada en Madrid, en enero de 2021, por la borrasca Filomena (<https://www.youtube.com/watch?v=TQ3QBPi9K2Y>). Para terminar de concienciar sobre la realidad del cambio climático, los alumnos abren, en sus tabletas, la herramienta Timelapse de Google Earth, basada en una secuencia acelerada de imágenes que muestra, en segundos, la evolución de la superficie del planeta durante 37 años, como consecuencia del cambio climático (<https://earth.google.com/web/@33.46177608,-112.0834235,324a,164242d,35y,1h,18t,0r/data=CjISMBIgNTQ0MGExNzMxYzI1MTFIYTkOND M4Yml2ODk0NDUyOTciDG1haW5Ob1JhbmRvbQ>). En la sección "calentamiento del planeta", los alumnos analizan objetivamente el deshielo de glaciares en todo el mundo, como Alaska, Groenlandia, la Antártida, el monte Kilimanjaro o la cordillera del Himalaya, las sequías en

“Ciencia en la Sobarriba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

lagos de Irán y Kazajistán, los incendios de bosques en Canadá o huracanes y tifones en Las Bahamas. Se finaliza con la proyección de un impactante video de la NASA, donde se observa el incremento inusual de la temperatura global desde 1880 hasta 2017 (<https://youtu.be/Z4bSxb5THm4>). En definitiva, los alumnos son conscientes de que ya presenciamos las consecuencias del cambio climático y que es urgente tomar medidas, para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. El profesor finaliza la sesión indicando que el equipo III se encargará de preparar un taller divulgativo sobre medidas de ahorro energético que podemos adoptar en nuestros hogares, para mitigar el cambio climático.

Figura complementaria 38. Agrupamiento en forma de “U” en el aula



Fuente: elaboración propia

b. Proceso indagatorio

Descripción de los contenidos indagados en cada pregunta

Se detalla una descripción de los contenidos indagados por los miembros del equipo III sobre la temática de ahorro energético, mediante preguntas planteadas por el profesor:

Pregunta 1. El profesor comienza demostrando que en España ya se están tomando medidas urgentes para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Concretamente, las regiones montañosas de las provincias de León y Palencia cuentan con una extensa tradición minera, que ha declinado completamente durante las dos últimas décadas. El punto culminante ha

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

sido el cierre definitivo y el desmantelamiento de las tres centrales térmicas de las dos provincias, en las localidades de Compostilla, La Robla y Velilla del Río Carrión. Destaca el comienzo del proceso de desmantelamiento de la central térmica de la Robla, para sustituirlo por la mayor planta fotovoltaica productora de hidrógeno en España. Mediante búsquedas en noticias de periódicos, los miembros del equipo III identifican estas tres centrales, para ser conscientes del impacto de las medidas contra el cambio climático en el contexto socioeconómico de estas regiones. Asimismo, investigan nuevas fuentes de energía renovables, como sustitutas de aquellas contaminantes.

Pregunta 2. Mediante la lectura de un artículo de la revista Principia, se fomenta la concienciación de que, no solo se están suprimiendo las fuentes de energía contaminantes, sino que también los alumnos y los futuros destinatarios pueden realizar discretos cambios más sostenibles en su vida cotidiana para consumir menos energía. Seguidamente, buscan trucos caseros de ahorro energético en el hogar.

Pregunta 3. En esta actividad de ahorro energético se trabajan conceptos de energía, calor y trabajo. Sin embargo, no se impartirán las unidades didácticas correspondientes hasta el tercer trimestre. En base a la metodología de *flipped classroom* o aula invertida, se ha elaborado un video en el que se explica a los alumnos conceptos teóricos de energía, tipos de energía, transformaciones entre tipos de energía mediante máquinas que realizan un trabajo, potencia, intercambios de calor por conducción, convección o radiación, o unidades, como julios, calorías o vatios, con ejercicios sencillos de aplicación mecánica. En este video de elaboración propia, la explicación se apoya en diapositivas y, en especial, en la simulación “Formas y cambios de energía” de PhET Colorado, en la que se observan las transformaciones entre tipos de energía. Los miembros del equipo III visualizan detenidamente este video, a través de la aplicación web EDpuzzle, respondiendo a preguntas de respuesta múltiple o de argumentación, insertadas a lo largo del mismo. De este modo, el profesor se asegura de que los alumnos prestan atención durante el video y comprenden los conceptos. Asimismo, aclarará aquellas ideas que no se comprendan, a través de publicaciones en el Teams. Tras asimilar estos conceptos teóricos, los alumnos los dotan de sentido, a través de la puesta en práctica en el proceso de indagación consecutivo.

Pregunta 4. Un buen comienzo para ahorrar energía en el hogar es identificar la potencia contratada y la consumida, a través de la factura del hogar. Por tanto, los alumnos trabajan el

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales concepto de potencia y las unidades de kilovatios y kilovatios hora, mediante la contextualización en la factura de la luz, interpretando los importes económicos implicados.

Pregunta 5. Los miembros del equipo III aplican el concepto de máquina, identificando aquellas que consumen más energía en sus hogares, desde la calefacción, el agua caliente, las bombillas y el aire acondicionado, hasta los electrodomésticos, como la lavadora, secador, lavavajillas, horno, microondas, frigorífico, congelador, televisión u ordenador. Asimismo, reflexionan sobre posibles acciones para reducir el consumo energético de dichas máquinas. Finalmente, el profesor envía a los alumnos el enlace de la “guía en energía” del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), en la que se describen, de forma muy completa y con una interfaz muy atractiva, las características energéticas y consejos prácticos sobre ahorro energético en el hogar.

Pregunta 6. En la pregunta anterior, los alumnos han reflexionado sobre cómo proceder con un uso más sostenible de las máquinas que tienen en el hogar. Cuando finaliza la vida útil de un electrodoméstico, también se puede comprar uno nuevo energéticamente más eficiente, observando su etiqueta energética. Desde el 1 de marzo de 2021, ha entrado en vigor el nuevo etiquetado energético de electrodomésticos, por lo que los alumnos deben investigar la comparativa entre el etiquetado antiguo y el nuevo.

Pregunta 7. Los alumnos trabajan el concepto de propagación del calor, a través de la identificación de los mecanismos de conducción, convección y radiación en el hogar, considerando medidas que influyan en el ahorro energético. En especial, los alumnos se centrarán en la investigación de materiales de construcción aislantes, es decir, aquellos que reducen la conducción del calor en el hogar.

Pregunta 8. Continuando con los materiales aislantes, se procede con la contextualización histórica en el adobe y el tapial. Estos materiales aislantes, compuestos de barro, agua y paja, se empleaban antiguamente en la construcción de hogares en la Sobrariba. Los alumnos investigan sobre la composición, la capacidad aislante y el método de fabricación del adobe y el tapial, preguntando a sus familiares. Para dotar de sentido a esta pregunta, los alumnos deben tomar conciencia del contexto cultural y la calidad de vida en los pueblos de la Sobrariba, en siglos XIX y XX. Para ello, reflexionan por qué se utilizaba adobe o tapial en las regiones de llanura, mientras que las casas de la montaña leonesa se construían con piedra.

Ciertamente, la respuesta evidente es que los habitantes explotaban los recursos de su alrededor, pues no existían los sistemas de transporte ni la compra y venta actuales.

Pregunta 9. Curiosamente, existe un debate entre cuál de los dos materiales de construcción, adobe y piedra, es mejor aislante. De hecho, los habitantes de la Sobrariba opinarán que el adobe aísla más que la piedra, mientras que los de la montaña dirán lo contrario. Como parte de su futuro taller, los alumnos buscan y explican un experimento de laboratorio, en el que se compare la propiedad de conducción entre materiales, extrapolándolo al adobe y la piedra. Asimismo, los alumnos identifican las fases del método científico que están aplicando.

Publicaciones de las preguntas de indagación en Teams con los modelos de respuesta

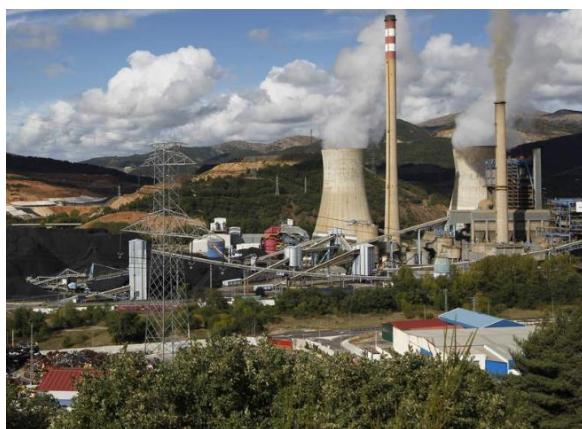
- Pregunta 1

Hemos analizado en clase la aceleración del cambio climático durante las últimas décadas. Para reducir la emisión de gases de efecto invernadero, se están tomando medidas desde diferentes ámbitos, como prácticas menos contaminantes en las fábricas industriales o la comercialización de coches eléctricos. Nosotros nos centraremos en la producción y el gasto de energía. Como sabéis, una de las principales fuentes de gases de efecto invernadero es la producción de electricidad en centrales térmicas, a partir de combustibles fósiles, como carbón, petróleo o gas. En vuestro futuro taller divulgativo de ahorro energético, es necesario comenzar transmitiendo que los gobiernos cada vez están tomando más medidas para sustituir fuentes de energía contaminantes por aquellas más limpias y renovables. De hecho, León fue en el siglo XX un referente nacional en la industria del carbón. Tenemos varios ejemplos de centrales térmicas en proceso de desmantelamiento en la provincia de León, con la finalidad de reducir las emisiones contaminantes. ¿Sabréis indicarles cuáles? Podéis buscar noticias. A su vez, se están sustituyendo estas fuentes de energía contaminantes por otras más limpias. ¿Qué fuentes de energía renovables existen en la actualidad? Cada subgrupo debe describir dos ejemplos, evitando repetir los mencionados previamente.

Respuesta modelo. En León, existen dos centrales térmicas cerradas o en proceso de desmantelamiento. Una de ellas es la central térmica de La Robla, en el norte de la provincia (figura complementaria 39). De hecho, según León Noticias, la empresa Naturgy ha comenzado las obras de demolición en mayo, con la finalidad de sustituirlo por la mayor planta

fotovoltaica productora de hidrógeno en España (<https://www.leonoticias.com/comarcas/demolicion-termica-robla-20210501194740-nt.html>). Según la empresa Endesa, también ha comenzado el desmantelamiento de la central térmica de Compostilla, en Cubillos del Sil, en la comarca del Bierzo (<https://www.endesa.com/es/prensa/sala-de-prensa/noticias/transicion-energetica/Endesa-adjudica-desmantelamiento-central-Compostilla>). Asimismo, Iberdrola apagó para siempre la central térmica de Velilla del Río Carrión, en Palencia, en el límite con la montaña oriental leonesa (<https://www.diariodevalderrueda.es/texto-diario/mostrar/2008216/iberdrola-apagara-esta-noche-siempre-central-termica-velilla-rio-carrión>).

Figura complementaria 39. Central térmica de La Robla



Fuente: Carnero, 2021

La electricidad que era suministrada por las centrales térmicas ahora es producida por fuentes de energía más renovables y limpias, como la solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica, mareomotriz y undimotriz. En la siguiente página, se describe cada una de ellas: <https://emasp.org/blog/fuentes-de-energia-renovable-producir-electricidad/>

- **Pregunta 2**

Con la finalidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, el gobierno y las empresas están cerrando las centrales productoras de electricidad no renovables y fomentando las instalaciones más limpias. Sin embargo, no solo es responsabilidad del estado frenar el cambio climático, sino que los ciudadanos también jugamos un papel fundamental. De hecho, si todas personas aplicáramos pequeños gestos de ahorro energético en nuestras

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales rutinas diarias, la reducción total del gasto de energía sería enorme, con la consecuente disminución en la contaminación procedente de fuentes de energía no renovables. Este mensaje es transmitido por el siguiente texto de la revista Principia titulado “La energía limpia y renovable de Nerxia” (<https://principia.io/2020/02/24/la-energia-limpia-y-renovable-de-nerxia.ljEwOTMi/>). ¿Qué pequeñas acciones podemos tomar cada individuo para ahorrar energía? Podéis indicar los ejemplos indicados en el texto, así como otros buscados en la web o aquellos que se os ocurran.

Respuesta modelo. Se describen trucos caseros para reducir el consumo energético en el hogar en los artículos “50 trucos muy fáciles para ahorrar en casa estos días” de la revista de decoración El mueble (https://www.elmueble.com/ideas/funciona/trucos-muy-faciles-para-ahorrar-casa_40275) y “50 trucos para ahorrar en las pequeñas facturas” de la web Plusesmas (https://www.plusesmas.com/derechos_dinero/consumo/50_trucos_para_ahorrar_en_las_pequenas_facturas/245.html).

- **Pregunta 3**

Vuestro futuro taller divulgativo de ahorro energético tiene una base científica sobre la energía. Puesto que los temas de Física sobre energía, trabajo y calor serán estudiados al final del curso, es necesario conocer previamente los siguientes conceptos para continuar con el proceso indagatorio: definición de energía, tipos de energía, intercambio entre tipos de energía mediante trabajo, potencia, máquinas, métodos de propagación del calor y unidades de medida. Por tanto, tenéis que visualizar un video (figura complementaria 40), en el que os explico estos conceptos (<https://edpuzzle.com/media/60872ad1f1a7974161fa5cb9>). En este video, he utilizado para la explicación una simulación de PhET Colorado. Adjunto el enlace de la simulación para los alumnos que estéis interesados en observar los intercambios entre tipos de energía (<https://phet.colorado.edu/es/simulation/energy-forms-and-changes>). A lo largo del video, he introducido preguntas de comprensión, que debéis responder para poder continuar viéndolo. Tras leer vuestras respuestas a las preguntas o posibles dudas, publicaré aclaraciones de aquellos conceptos que no se hayan comprendido.

Figura complementaria 40. Video explicativo de energía, trabajo y calor en EDpuzzle

The screenshot shows a video player interface for an EDpuzzle video. The video content itself depicts a person on a bicycle connected to a generator, which is pumping water into a tank. A legend on the right identifies symbols for different forms of energy: Mecánica (Mechanical), Eléctrica (Electric), Química (Chemical), Luminosa (Luminous), and Óptica (Optical). The video player includes a progress bar showing 03:34 of a 09:23 total duration, and a sidebar on the right titled 'Video events' listing various interaction points with timestamps and types (e.g., 00:33 Open-ended, 01:41 Open-ended, etc.).

Fuente: elaboración propia

Respuesta modelo. Resolución de dudas o aclaración de conceptos que no se hayan comprendido, a través de Teams.

- Pregunta 4

Cuando queremos reducir el gasto de energía en nuestros hogares, un buen punto de partida es conocer cuánta energía consumimos en la actualidad, a través de la factura de la luz. Buscad en vuestras casas una factura de electricidad, independientemente de la empresa contratada. Las facturas de la luz también están disponibles online en la página web de la empresa, accediendo con el usuario correspondiente. En el video previo, habéis estudiado la magnitud física de potencia, medida en vatios, que relaciona el trabajo realizado, es decir, la energía transferida en julios, con la unidad de tiempo en segundos. Por tanto, $1W = 1J / 1s$. En la factura de la luz, tenéis que identificar la potencia contratada y la potencia consumida, con sus respectivas unidades. Para el total de la factura a pagar en euros, se muestra un desglose de todos los importes implicados. También tenéis que identificar dichos importes, para conocer de dónde proceden los gastos.

Respuesta modelo. Iberdrola explica todos los datos de la factura de la luz en su página web oficial (<https://www.iberdrola.es/luz/factura>). En el apartado "detalle de factura" (figura complementaria 41), se indica que la potencia facturada es de 4,6 kW, es decir, la cantidad de

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales trabajo realizado o energía transferida, que hemos contratado para el hogar. La energía consumida lo largo del mes se muestra en kWh, es decir, el trabajo realizado o la energía consumida por la maquinaria de nuestro hogar durante una hora. La energía consumida tiene diferente precio en función del gasto en las horas promocionadas, es decir, el rango de horario a lo largo del día cuando la luz es más barata, o no promocionadas, referente al resto del horario durante el día. Asimismo, se observan importes debidos a varios impuestos.

Figura complementaria 41. Importes económicos de una factura de luz

€ DETALLE DE FACTURA			
CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Potencia facturada	4,6 kW x 29 días	0,123288 €/kW día	16,45 €
Energía consumida Horas Promocionadas	114 kWh	0,067518 €	7,70 €
Energía consumida Horas No Promocionadas	94 kWh	0,134579 €	12,65 €
Impuesto sobre electricidad	5.11269632%	36,79 €	1,88 €
Protección Eléctrica Hogar	0,95 meses	6,15 €/mes	5,84 €
Descuento sobre Protección Eléctrica Hogar	50 %	5,84 €	-2,92 €
Alquiler contador	29 días	0,02663 €/día	0,77 €
IVA	21%	42,37 €	8,90 €
TOTAL IMPORTE			51,27 €

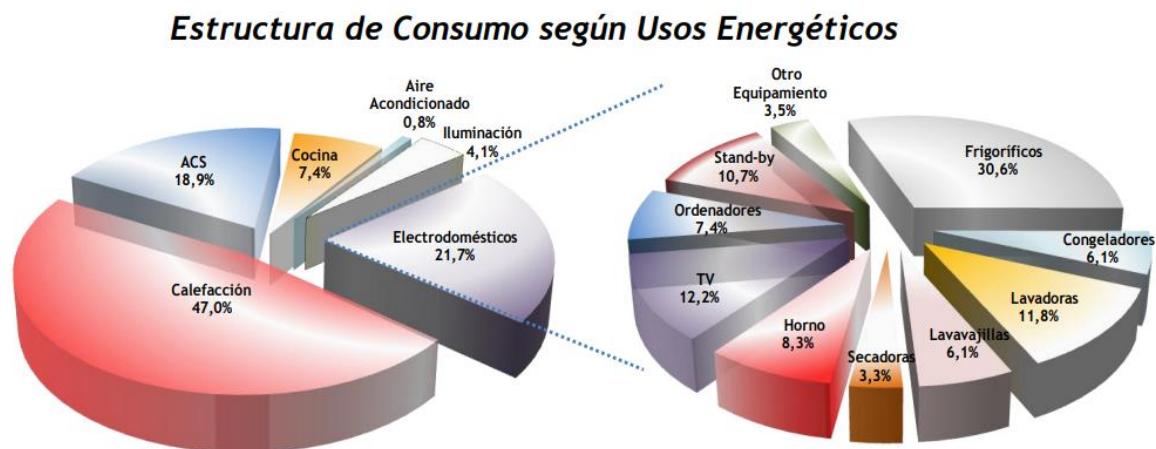
Fuente: Iberdrola, s. f.

- Pregunta 5

En el video de EDpuzzle, habéis observado que las máquinas permiten transformar unos tipos de energías en otras. En nuestros hogares, existen multitud de máquinas que consumen energía eléctrica para transformarla en otro tipo de energía que vamos a utilizar. Por tanto, si queremos ahorrar en la factura de la luz, tendremos que consumir menos energía y, para ello, identificar aquellas máquinas que consumen más energía eléctrica para su funcionamiento. De este modo, podremos reemplazarlas por otras de bajo consumo o hacer un uso más eficiente de ellas. Tenéis que identificar en vuestros hogares aquellas máquinas en las que consumís más electricidad y buscar acciones para ahorrar energía en ellos. Por ejemplo, mi secador de pelo tiene una potencia de 1700W, resultado elevada. ¿Qué puedo hacer para ahorrar energía? Puedo reducir su uso dejando secar mi pelo al aire. Cuando el secador se estropee y necesite uno nuevo, puedo comprar uno con menor potencia. Pista: si no se os ocurre ninguna máquina ni solución, podéis inspiraros en los trucos caseros que buscasteis para ahorrar energía en el hogar, en la pregunta 2.

Respuesta modelo. Tras corregir las aportaciones de los miembros del equipo III, se muestran los siguientes gráficos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), donde se observan aquellas máquinas en las que se consume más energía, en la media de los hogares españoles (figura complementaria 42).

Figura complementaria 42. Estructura de consumo según usos energéticos



Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2011

Como posibles soluciones para ahorrar energía, además de los trucos caseros de los artículos de El Mueble y Plusesmas, IDAE también proporciona una guía muy completa (<http://guiaenergia.idae.es/>) con una descripción técnica de las características energéticas y consejos prácticos sobre ahorro energético en el hogar (figura complementaria 43).

Figura complementaria 43. Guía en energía para el hogar



Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, s. f.

Los consejos se clasifican en autoconsumo, aislamiento, calentadores, ventanas, calefacción, dispositivos móviles, aire acondicionado, iluminación, televisor, pequeños electrodomésticos, lavadora, secadora, frigorífico, microondas, vinoteca, campana extractora, cocción, horno, lavavajillas, aspiradora, biomasa, geotermia, neumáticos, coche o vehículos eléctricos.

- **Pregunta 6**

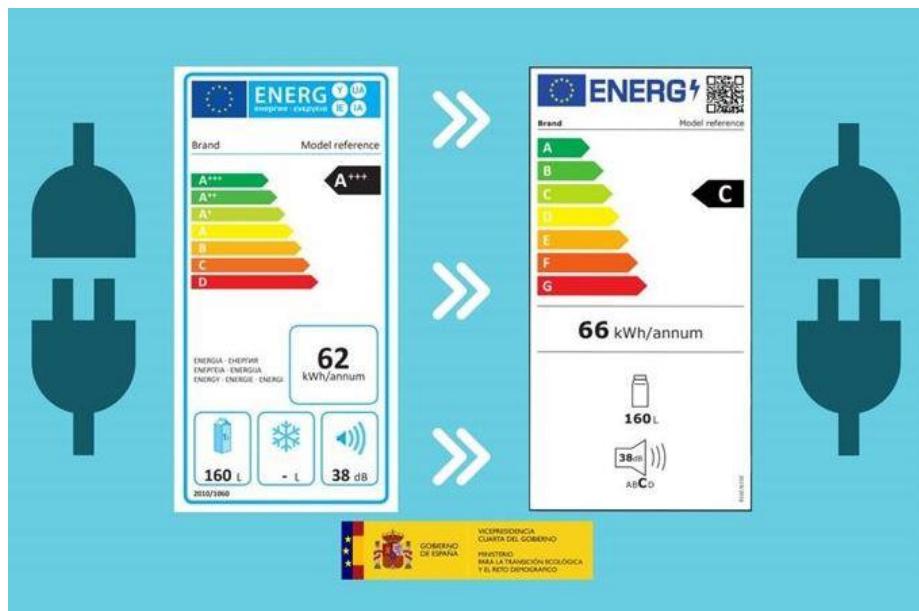
Nos centramos en un tipo concreto de máquinas, los electrodomésticos. Hemos dicho que, si queremos ahorrar energía con un electrodoméstico, aplicamos consejos prácticos. Por ejemplo, la IDAE nos recomienda que, para ahorrar energía en el uso del frigorífico, debemos limpiar el hielo o escarcha formada en el interior, pues actúa como aislante, impidiendo enfriar y consumiendo energía sin utilidad. También nos indica que debemos limpiar la parte trasera del frigorífico, al menos una vez al año, y evitar introducir alimentos calientes en la nevera, enfriándolos fuera, así como no tener el frigorífico muy vacío, ya que los alimentos retienen mejor el frío que el aire.

Ahora bien, si se estropea nuestro frigorífico y necesitamos otro nuevo, podemos comprar uno que energéticamente sea más eficiente, es decir, produzca el mismo servicio consumiendo menos energía. Por tanto, cuando vayamos a comprar un electrodoméstico, debemos fijarnos en su etiqueta energética. La mayoría de los futuros destinatarios conocerán el etiquetado energético antiguo. Sin embargo, desde el 1 de marzo de 2021, ha entrado en vigor el nuevo etiquetado energético de electrodomésticos. En el taller deberéis explicar la comparativa entre ambas etiquetas para que, cuando vayan a comprar un nuevo electrodoméstico, sepan interpretar la nueva etiqueta energética. En resumen, debéis describir ambas etiquetas, la antigua y la nueva, comparando las diferencias.

Respuesta modelo. El nuevo etiquetado de aparatos consumidores de energía ha entrado en vigor en España desde el 1 de marzo de 2021 (figura complementaria 44). La escala del etiquetado antiguo era A⁺⁺, A⁺, A, B, C y D, mientras que la nueva es A, B, C, D, E, F y G. Los equipos que antes eran A⁺⁺ hoy podrían ser B o C. Se deja así espacio en la categoría A para aquellos nuevos desarrollos tecnológicos del futuro más eficientes. El objetivo es evitar la saturación de productos clasificados como A⁺, A⁺⁺ y A⁺⁺, que habían reducido el rango de escogida por el consumidor. Asimismo, se mantiene el uso de pictogramas con información

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales adicionales. En la nueva etiqueta energética, aparece un código QR que redirige a la base de datos europeos EPREL (*European Product Database for Energy Labelling*). Para más información sobre el nuevo etiquetado energético, consultar <https://www.idae.es/ahorra-energia/reglamento-para-el-etiquetado-energetico> y <https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/transicion-ecologica/Paginas/2021/260221-electrodomesticos.aspx>.

Figura complementaria 44. Comparativa entre etiquetado energético antiguo y nuevo



Fuente: La Moncloa, 2021

- Pregunta 7

En el video previo de EDpuzzle, habéis recordado los métodos de propagación del calor, es decir, conducción, convección y radiación.

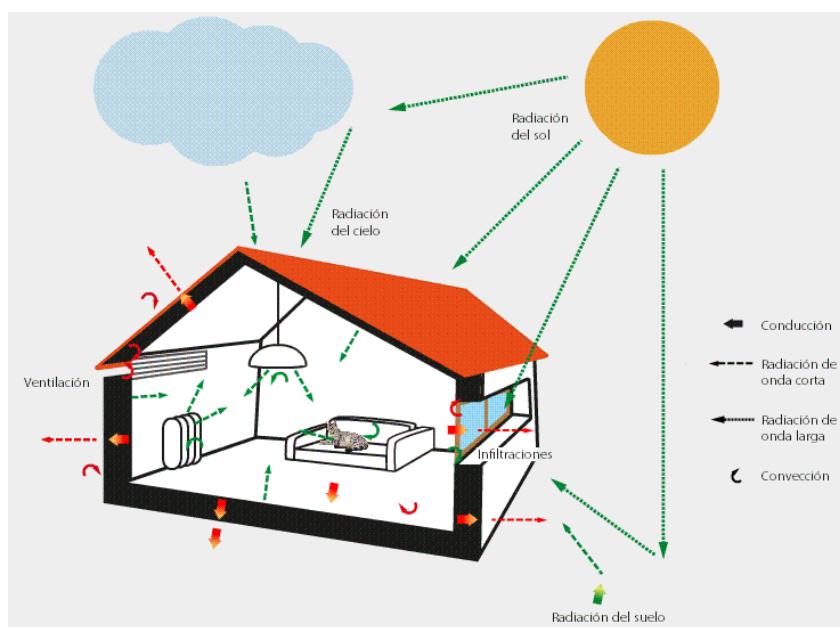
- El calor se propaga por conducción en los sólidos: las moléculas del sólido en contacto con la fuente de calor comienzan a vibrar, chocando así con las partículas más próximas. De este modo, se propaga el calor por vibración a través de las moléculas del sólido.
- El calor se propaga por convección en los fluidos: puesto que las partículas del fluido se desplazan libremente, aquellas en contacto con la fuente de calor comienzan a ascender. Se produce así una corriente de convección, en la que el calor circula por el fluido.

- En la radiación, el calor se propaga mediante ondas electromagnéticas, sin la intervención de ningún medio material.

Regresemos a nuestro hogar. Considerando estos tres métodos de propagación del calor, ¿cómo podríamos incrementar y mantener la temperatura en el interior de nuestra casa? Pista: en realidad, ya habéis respondido a esta pregunta previamente, buscando medidas de ahorro energético. Sin embargo, ahora tenéis que asociar estas medidas con los métodos de propagación del calor. Como adelanto, los materiales aislantes juegan un papel principal en uno de estos fenómenos de propagación. ¿Qué materiales se usan como aislantes en el hogar y dónde se aplican?

Respuesta modelo. Para incrementar la temperatura en el interior del hogar, deben levantarse las persianas y abrir las cortinas, permitiendo la transmisión de calor natural por radiación, procedente del Sol. Evitar también tapar los radiadores con cortinas, cubrerradiadores o ropa, para que el calor del mismo ascienda y produzca corrientes de convección, permitiendo la propagación del calor por toda la habitación. Sin embargo, la clave principal es un buen aislamiento de las paredes del hogar y de las ventanas, evitando que el calor se escape por conducción, a través de materiales no aislantes, del interior del hogar al exterior en invierno, así como la entrada de calor en el hogar en verano. En la figura complementaria 45, se observa un esquema de la propagación del calor por conducción, convección y radiación en el hogar.

Figura complementaria 45. Mecanismos de propagación del calor en el hogar



Fuente: VIPEQ, s. f.

Los materiales aislantes hacen referencia aquellos que son malos conductores del calor, permitiendo mantener una temperatura adecuada en el hogar, tanto en invierno como en verano. La "guía en energía" de IDAE indica el uso de ventanas de doble acristalamiento, es decir, dos cristales de vidrio con una cámara de aire entre ambas que actúa como aislante, con marcos de madera o PVC (<http://guiaenergia.idae.es/ventanas/>). Además de ventanas, los materiales aislantes se aplican en fachadas, techos, suelos o tuberías, en formatos de papel, rollo, granel o espuma. Los tipos de materiales aislantes y sus nulas propiedades conductoras se muestran en la figura complementaria 46.

Figura complementaria 46. Tipos de materiales aislantes y características conductoras

Los tipos de materiales aislantes son:			
ORIGEN	TIPO	Conductividad Térmica	
		(W/m·K)	Desde
MINERAL	Lana de Roca	0,030	0,050
	Lana de Vidrio	0,030	0,050
	Perlite Expandida (EPB)	0,040	0,060
	Vidrio Celular (CG)	0,035	0,055
SINTÉTICO	Poliestireno Expandido (EPS)	0,029	0,053
	Poliestireno Extruido (XPS)	0,025	0,040
	Poliuretano (PUR) o Polisocianurato	0,019	0,040
ANIMAL	Lana de Oveja (SHW)	0,035	0,050
VEGETAL	Algodón (CO)	0,029	0,040
	Cáñamo (HM)	0,037	0,045
	Celulosa (CL)	0,034	0,069
	Corcho (ICB)	0,034	0,100
	Fibras de Coco (CF)	0,043	0,047
	Lino (FLX)	0,037	0,047
	Virutas de Madera (WF)	0,038	0,107

Aprovecha cualquier reforma en tu vivienda para poner aislamiento, reducirá tu factura energética.

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, s. f.

- Pregunta 8

En la pregunta 7, habéis visto que el calor se propaga por conducción a través de los materiales de construcción del hogar, del foco de mayor al de menor temperatura. En consecuencia, se aplican materiales aislantes para mantener el calor en el interior del hogar en invierno y el frío en verano. Nos centramos en el contexto histórico de la Sobrariba. ¿Sabíais que, en los pueblos de la Sobrariba, así como en municipios próximos, las casas se construían con adobe o tapial?

¿En qué consisten estos materiales? ¿Estos materiales eran buenos aislantes? Y una última curiosidad: ¿por qué las casas antiguas de esta región de la llanura se construían con adobe o tapial, mientras que las de la montaña con piedra? Pista: si no lo sabéis, preguntad a vuestros familiares, porque seguro sabrán la respuesta, ya que han vivido en casas construidas con estos materiales.

Respuesta modelo. En primer lugar, el adobe y el tapial están fabricados con el mismo material, ya que están compuestos de barro, paja y agua. El barro, es decir, mezcla de tierra arcillosa y arena, es uno de los mejores aislantes que existen. Respecto a su preparación, en el barro se añade agua para humedecer y crear una masa homogénea, así como paja para aportar consistencia al material final, mezclándose todo. A pesar de que están compuestos del mismo material, el adobe son bloques, que posteriormente se apilan para formar una pared, mientras que el tapial se constituye de una única pieza uniforme que actúa como pared. Una vez se ha preparado la mezcla de barro, paja y agua, si queremos fabricar bloques de adobe, se utiliza un molde de madera con la forma del mismo, añadiendo la mezcla y dejándolo secar. En el tapial, se colocan dos grandes tablones de madera en el sitio donde se va a fabricar la pared, añadiéndose la mezcla homogénea de barro, paja y agua entre ambas placas. Una vez haya secado la pared de tapial, se retiran las placas de madera. En el siguiente video (figura complementaria 47), se observa como fabricar bloques de adobe (<https://www.youtube.com/watch?v=tjU8GYiAkJU>).

Figura complementaria 47. Video explicativo de la fabricación de adobe



Fuente: La Huerta de Iván, 2016

A pesar de ser un gran aislante, el problema del adobe y del tapial es su deterioro a lo largo de los años, debido a las diferentes condiciones climáticas. Prácticamente todas las casas de la Sobrariba, excepto aquellas de reciente construcción, originalmente se construyeron con adobe. Estas casas han sido posteriormente reformadas, construyendo paredes de ladrillo y cemento en ambas caras de las paredes de adobe o tapial. No obstante, todavía podemos ver cuadras o casas abandonadas, sin reformar, con sus paredes de adobe o tapial (figura complementaria 48).

Figura complementaria 48. *Casa construida con adobe*



Fuente: Ayuntamiento de Valdefresno, s. f.

En cambio, las casas de la montaña leonesa están construidas de piedra. Evidentemente, en el siglo XIX y principios del XX, no tenían el estilo de vida actual y, evidentemente, tampoco existía un sistema de transporte de materiales. Por tanto, los habitantes tenían que construir sus casas con los materiales disponibles a su alrededor. En definitiva, la respuesta es evidente: la Sobrariba, así como la llanura de León, son regiones de tierra y barro, por lo que los materiales de las casas eran de adobe o tapial; en cambio, los pueblos de la montaña se ubican en regiones con peñas rocosas, por lo que se utilizaba esta piedra para construir sus casas.

- Pregunta 9

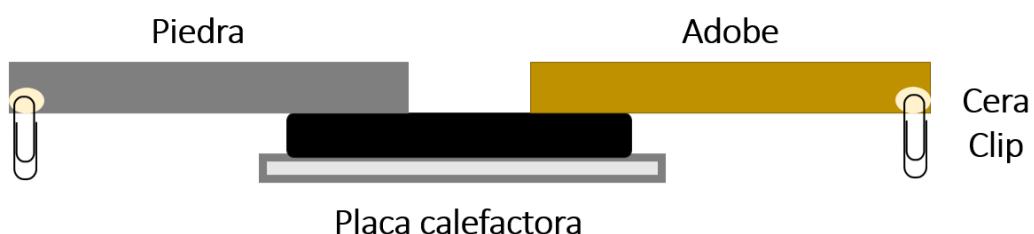
Finalizamos el proceso de indagación con las propiedades aislantes de materiales de construcción, como el adobe y la piedra. Por experiencia propia, los habitantes de la Sobrariba os dirán que el adobe es el mejor aislante, mientras que los de la montaña afirmarán que la piedra. ¿Quién tiene razón? Yo no conozco la respuesta. En internet también encontraremos opiniones de todo tipo. ¿Cómo podemos averiguarlo? Como futuros científicos, creamos

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales conocimiento aplicando el método científico, así que con un **experimento de laboratorio** estudiaremos las propiedades físicas de conducción de calor en el adobe y la piedra. Por tanto, tenéis que buscar y explicar detalladamente un experimento de laboratorio donde se analice la conducción del calor en materiales sólidos. Entre todos los experimentos propuestos, el más idóneo será seleccionado para realizar una experiencia demostrativa con adobe y piedra, en las jornadas divulgativas. De este modo, vuestros espectadores podrán hacer sus apuestas, observarán cómo los científicos creamos conocimiento a partir de evidencias y, por supuesto, comprobaremos qué habitantes tienen razón, si los de la Sobrariba o los de la montaña.

Si os dais cuenta, estáis aplicando el método científico. ¿Cuáles son sus fases? De sus fases, ¿cuáles estáis llevando a cabo? ¿Cómo ejecutaríais el resto de las fases en vuestro experimento? Como futuros científicos, ¿por qué es necesario aplicar el método científico para generar conocimiento?

Respuesta modelo. Se describe un ejemplo de experimento de laboratorio para comprobar cuál de los dos materiales, adobe o piedra, es mejor conductor (figura complementaria 49). Partimos de dos piezas de adobe y piedra con las mismas dimensiones de longitud, ancho y grosor. Ayudándonos de la cera de una vela encendida, pegamos clips en un extremo de cada una de las piezas. A continuación, colocamos los extremos contrarios, a la vez, encima de una placa calefactora de laboratorio encendida. Debemos evitar el uso de llamas como fuente de calor, por riesgo de incendio en las futuras jornadas divulgativas. El calor se transmite por conducción en ambos materiales, desde el extremo situado en la placa calefactora encendida, hasta el otro extremo con los clips. El material que sea mejor conductor y, por tanto, peor aislante, transmitirá antes el calor hasta el extremo con los clips pegados con cera y, por tanto, la cera se derretirá antes y los clips caerán.

Figura complementaria 49. *Experimento de conducción de materiales*



Fuente: elaboración propia

El método científico son un conjunto de fases aplicadas, de forma sistemática, para generar conocimiento científico veraz, riguroso, fiable y comparable. El nuevo conocimiento será aceptado por la comunidad científica siempre que se aplique el método científico. Las fases del método científico son observación, investigación, hipótesis, experimento, análisis de datos y conclusiones. Los alumnos ya han procedido con la fase de observación, en la que los habitantes de la Sobrariba utilizan adobe como material aislante, mientras que los de la montaña utilizan piedra. Tras investigar en qué consiste el adobe y deducir que la propiedad aislante es consecuencia de una peor conducción del calor, se ha planteado la hipótesis de cuál de los dos materiales es peor conductor del calor. Los alumnos buscar posibles experimentos, de modo que el más idóneo será posteriormente ejecutado en la elaboración del taller. Después analizarán los resultados, es decir, qué clip caerá antes y cuál después. Por último, concluirán que el clip que caiga el último será el peor conductor y, por tanto, el mejor aislante.

c. Proceso de elaboración del taller

Guía planificada del taller de la actividad “ahorro energético”

Se comienza concienciando a los destinatarios sobre la dura realidad del cambio climático, mediante la proyección del video de la NASA, en el que se observa el incremento de la temperatura global desde 1880 hasta 2017. Los miembros del equipo III preguntan a los destinatarios qué medidas conocen que se estén aplicando en la actualidad. Como pista, los alumnos pueden mencionar el cierre de centrales térmicas, de modo que los destinatarios dotarán de sentido a esta situación medioambiental, al confirmar que se han cerrado las centrales de Compostilla, La Robla y Velilla del Río Carrión. Para incitar a la participación, se pregunta a los destinatarios su opinión sobre las nuevas instalaciones de energías renovables y el futuro de los habitantes de la montaña leonesa y palentina.

A continuación, los alumnos indican que, además de estas medidas, los destinatarios también pueden realizar pequeños cambios en su vida diaria que ahorren energía, contribuyendo así a la disminución en la emisión de gases de efecto invernadero. La mayoría de los destinatarios aplicarán acciones de ahorro energético en sus hogares, pero con un fin más económico que

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

sostenible. Por ello, los alumnos introducen la temática de ahorro energético en el hogar proyectando una factura de la luz e invitando a algún destinatario a explicarla. Seguidamente, les preguntan cómo reducirían el consumo energético de kilovatios hora en la factura, identificando así sus ideas previas, para adaptar el contenido divulgativo. Los alumnos explican algunas acciones, apoyándose en una infografía con las medidas de ahorro energético en el hogar, con códigos QR enlazados a las secciones de la “guía en energía” del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Durante la explicación, los destinatarios pueden acceder a dichas secciones, a través de sus móviles o tabletas prestadas.

Una de estas medidas es la compra de electrodomésticos energéticamente más eficientes. Por ello, preguntan a los destinatarios si conocen el nuevo etiquetado energético de electrodomésticos. Tras escuchar algunas anécdotas, los alumnos comparan las diferencias entre el etiquetado antiguo y el nuevo, apoyándose en otra infografía.

Otra medida son las reformas en el hogar con materiales de construcción aislantes, que mantienen caliente el interior de la casa en invierno y frío en verano. Los destinatarios relatan reformas que hayan hecho en sus hogares en los pueblos. Seguramente, algún ejemplo mencionado sea la reforma de una casa construida con adobe o tapial. Los alumnos preguntan qué material es más aislante, si el adobe o la piedra. La mayoría de los destinatarios dirán que el adobe. Como sorpresa final, los alumnos muestran y explican un experimento de laboratorio, puesto en marcha desde el inicio de la jornada divulgativa, en el que se analiza si es mejor conductor el adobe o el tapial. El resultado se observará al final de la jornada.

Para la preparación del experimento de conducción, los alumnos tomarán del laboratorio de ciencias el material que necesiten. Recogerán una piedra pequeña y alargada y fabricarán un adobe de las mismas dimensiones, siguiendo los pasos investigados previamente. Para ello, un alumno recolectará barro y paja. Se destacará que los científicos elaboran conocimiento veraz, fiable y riguroso, a través de la aplicación del método científico. Por tanto, describirán las fases del método científico en su experimento de conducción, apoyándose en un mapa mental con dichas fases.

Referencias bibliográficas

- Calvo, J. (2021, mayo 2). La demolición de la térmica de La Robla: dos años de trabajos y 60 empleos en la zona. *León Noticias*. <https://www.leonoticias.com/comarcas/demolicion-termica-robla-20210501194740-nt.html>
- Cincuenta trucos (muy fáciles) para ahorrar en casa estos días. (2020, marzo 31). *El mueble*. https://www.elmueble.com/ideas/funciona/trucos-muy-faciles-para-ahorrar-casa_40275/48
- Conoce las fuentes de energía renovable para producir electricidad. (s. f.). *EMASP*. <https://emasp.org/blog/fuentes-de-energia-renovable-producir-electricidad/>
- El País. (2021, enero 9). *Filomena: imágenes inéditas en Madrid y carreteras cortadas* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=TQ3QBPi9K2Y>
- Endesa adjudica a Recifemetal el desmantelamiento de la central térmica de Compostilla. (2020, octubre 14). *Endesa*. <https://www.endesa.com/es/prensa/sala-de-prensa/noticias/transicion-energetica/Endesa-adjudica-desmantelamiento-central-Compostilla>
- Formas y cambios de energía* [simulación web]. (s. f.). PhET interactive simulations. University of Colorado. <https://phet.colorado.edu/es/simulation/energy-forms-and-changes>
- Google Earth. (s. f.). *Secuencia acelerada en Google Earth*. <https://earth.google.com/web/@33.46177608,-112.0834235,324a,164242d,35y,1h,18t,0r/data=CjISMBIgNTQ0MGExNzMxYzI1MTFIYTk0NDM4Yml2ODk0NDUyOTciDG1haW5Ob1JhbmRvbQ>
- Iberdrola. (s. f.). *Factura de luz*. <https://www.iberdrola.es/luz/factura>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (s. f.). *Guía en energía*. <http://guiaenergia.idae.es/>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (s. f.). *Guía en energía. Aislamiento*. <http://guiaenergia.idae.es/aislamiento/>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (s. f.). *Guía en energía. Ventanas*. <http://guiaenergia.idae.es/ventanas/>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2011). *Proyecto SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final*. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2011). *Reglamento para el etiquetado energético*. <https://www.idae.es/ahorra-energia/reglamento-para-el-etiquetado-energetico>
- La Huerta de Iván. (2016, septiembre 17). *Como Hacer Adobe. Permacultura* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=tjU8GYiAkJU>
- La Moncloa. (2021, febrero 26). *El nuevo etiquetado energético de electrodomésticos entra en vigor el 1 de marzo* [Comunicado de prensa]. <https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/transicion-ecologica/Paginas/2021/260221-electrodomesticos.aspx>

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

NASA Climate Change. (2018, enero 18). *Global temperature anomalies from 1880 to 2017* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Z4bSxb5THm4>

Noe Faro. (2020, noviembre 3). *El día de mañana teaser tráiler español* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=yYAFP-Jy5Mo>

Ayuntamiento de Valdefresno. (s. f.). *Paradilla de la Sobrariba*. <http://www.aytovaldefresno.es/los-pueblos/paradilla-de-la-sobrariba/>

Plusesmas. (s. f.). *50 trucos para ahorrar en las pequeñas facturas*. https://www.plusesmas.com/derechos_dinero/consumo/50_trucos_para_ahorrar_en_las_pequenas_facturas/245.html

Redacción Diario de Valderrueda. (2020, junio 30). Iberdrola apagará esta noche para siempre la Central Térmica de Velilla del Río Carrión. *Diario de Valderrueda*. <https://www.diariodevalderrueda.es/texto-diario/mostrar/2008216/iberdrola-apagara-esta-noche-siempre-central-termica-velilla-rio-carrión>

Vila, S. (2020, febrero 24). La energía limpia y renovable de Nerxia. *Principia*. <https://principia.io/2020/02/24/la-energia-limpia-y-renovable-de-nerxia.IjEwOTMi/>

VIPEQ. (s. f.). *Conceptos básicos de aislamiento térmico*. <https://www.vipeq.es/aislamiento-termico/conceptos-basicos-del-aislamiento-termico/>

Warner Bros. Pictures España. (2014, octubre 3). *Interstellar - Tráiler final en español HD* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=UoSSbmD9vqc>

Anexo F. Ejecución de la acción de servicio: jornadas divulgativas

Descripción de la logística y la puesta en marcha de las jornadas divulgativas

Respecto a la organización logística de las jornadas divulgativas, el profesor ha contactado previamente con el Ayuntamiento de Valdefresno, acordando cinco pueblos, de los veinte de la Sobrariba, en los que tendrán lugar las jornadas divulgativas. La elección se ha establecido acorde a aquellas localidades más relevantes o con mayor número de habitantes, así como una distribución homogénea por la región, de modo que toda la población tenga la oportunidad de asistir. Seguidamente, el Ayuntamiento de Valdefresno ha proporcionado los contactos de los presidentes de los pueblos seleccionados, con los que el profesor, posteriormente, planifica las instalaciones, recursos y tiempos de las jornadas de divulgación. Las localidades y fechas seleccionadas se muestran en la figura complementaria 50.

Figura complementaria 50. Localidades de la Sobrariba



Fuente: Ayuntamiento de Valdefresno, s. f.

Se han seleccionado sábados y domingos, ya que tanto habitantes como familiares, que visitan el pueblo, tienen mayor disponibilidad durante los fines de semana. Abril y mayo suponen épocas idóneas, ya que el clima primaveral incita a los habitantes a salir de sus hogares. Asimismo, los alumnos tienen menor carga de estudio en esta etapa, en comparación con

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales semanas posteriores de exámenes. Los lugares de encuentro serán las casas de cultura de los pueblos correspondientes, excepto en Valdefresno, donde se ha elegido el salón de usos múltiples del Ayuntamiento. Las jornadas divulgativas tendrán lugar entre las 18:30 horas y las 20:30 horas.

Desde un enfoque multidisciplinar, los alumnos de 4º ESO de Educación Plástica, Visual y Audiovisual diseñarán un cartel original y llamativo, en que se anuncien las jornadas de divulgación “Ciencia en la Sobrariba”, con los lugares, fechas y horarios de encuentro. El Ayuntamiento se encargará de imprimir y colocar los carteles en los tablones publicitarios de los pueblos. De este modo, se difunde el proyecto en el municipio y los habitantes descubren la existencia de las jornadas.

No acudirá toda la clase a cada jornada, puesto que sería excesivo, tanto en el número de alumnos en las instalaciones, como en restarles demasiado tiempo libre. Se planifica la participación de cuatro alumnos por cada taller, es decir, doce en cada jornada divulgativa. Puesto que las jornadas se celebran en horario extraescolar, la asistencia de los alumnos a las jornadas es libre, resultando recompensado con la subida de un punto en su nota académica. Los alumnos confirmarán su participación al profesor dos semanas antes. De este modo, el docente repartirá los grupos entre las cinco jornadas.

Antes del comienzo de las jornadas, el profesor recopilará tabletas del centro, así como el material de apoyo preparado por los alumnos, como EPIS, etiquetas de pesticidas, representación de la respuesta inmune con papel de manualidades, una piedra, un bloque de adobe o instrumental de laboratorio, e imprimirá las infografías o mapas mentales diseñados. Un día antes de cada evento, el profesor congregará en una sala de reuniones del centro a los alumnos participantes en la jornada correspondiente, para ensayar los talleres. Asimismo, el centro educativo contratará el servicio de una empresa de autobuses, para transportar a los alumnos al pueblo correspondiente. Cabe destacar que el Ayuntamiento también contratará taxis o un autobús, a disposición de destinatarios de pueblos cercanos que no tengan medio de transporte para acercarse a la localidad correspondiente y, en especial, personas de edad avanzada.

Durante cada jornada, el profesor monitoriza la operatividad de las actividades y lleva a cabo un seguimiento de los aprendizajes de alumnos y destinatarios, en caso de que deba intervenir

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales o aplicar cambios en el momento. Contará con la ayuda de un profesor de apoyo, el alcalde del Ayuntamiento de Valdefresno y el presidente del pueblo correspondiente.

Los talleres, con una duración de treinta minutos, se impartirán simultáneamente, repitiéndose cuatro veces a lo largo de las dos horas. Por tanto, los destinatarios se repartirán y rotarán entre los tres talleres, ofreciendo la posibilidad de asistir a todos los talleres a aquellos que lleguen media hora tarde. No obstante, los tiempos son flexibles en función de la participación y las preguntas de los destinatarios. Puesto que las temáticas parten de situaciones de la vida cotidiana e intereses del público, los alumnos deberán permitir a los participantes comentar anécdotas, aportar información adicional o sugerencias durante los talleres. Se establece así un diálogo y un clima de cercanía y diversión, en el que ambas partes aprenden. De hecho, uno de los principios del ApS es que tanto alumnado como destinatarios se benefician del servicio. Finalmente, los destinatarios completan un cuestionario de satisfacción, disponible en Microsoft Forms (figura complementaria 56), accediendo a través de un código QR con sus móviles o tabletas prestadas (figura complementaria 55). Tras cada jornada de divulgación, el Ayuntamiento de Valdefresno habrá preparado una merienda para alumnado y asistentes, para que puedan seguir conversando. Se procura así estimular la socialización entre los destinatarios, de modo que surjan nuevas oportunidades de reencontrarse. En los alumnos, se fomenta el respeto y la tolerancia en entornos interpersonales diferentes al habitual, así como un mayor conocimiento cultural de su región de origen.

Referencias bibliográficas

Ayuntamiento de Valdefresno. (s. f.). *Los pueblos del municipio.*
<http://www.aytovaldefresno.es/los-pueblos/>

Anexo G. Reflexión final sobre el proyecto ApS

Descripción de las tareas y los recursos de reflexión final sobre el proyecto ApS

Tras finalizar las cinco jornadas divulgativas, tiene lugar una sesión final en el aula de Física y Química, en la que los alumnos del grupo de clase reflexionan sobre el aprendizaje de contenidos y competencial adquirido, gracias a su participación en el proyecto "Ciencia en la Sobrariba", dotándolo de utilidad. Para ello, cada alumno autoevalúa su aprendizaje tanto en el proceso indagatorio, completando la escala de valoración (tabla complementaria 1), como en la elaboración del taller divulgativo, rellenando la rúbrica de evaluación (tabla complementaria 2), a través de archivos Excel en sus tabletas. Cada alumno también evalúa el aprendizaje de su compañero de subgrupo, completando los mismos instrumentos de evaluación y entregándole el resultado obtenido. De este modo, el alumno compara los resultados de la heteroevaluación del profesor, su autoevaluación y la coevaluación de su compañero de subgrupo. A continuación, los alumnos proceden con una lluvia de ideas, reflexionando sobre el grado de consecución obtenido respecto a sus propias expectativas y cómo podrían mejorarlo, bajo la retroalimentación y sugerencias del profesor.

A través de tabletas, completan individualmente el cuestionario de satisfacción para el alumnado del proyecto ApS, disponible en Microsoft Forms (figura complementaria 54). Seguidamente, en una conversación informal, profesor y alumnos reflexionan sobre el éxito de las jornadas divulgativas, considerando si realmente han incrementado la alfabetización científica y las oportunidades de socialización en la Sobrariba, reportando sus propias experiencias. Los alumnos también reconocen la importancia de que tanto ellos como el resto de la ciudadanía deben informarse en fuentes rigurosas y fiables para tomar decisiones responsables de trasfondo científico. De este modo, los alumnos sienten que su esfuerzo ha contribuido a mejorar una necesidad social de su entorno y se han beneficiado aprendiendo del servicio realizado.

Anexo H. Sistematización y difusión de la acción de servicio

Descripción de la sistematización y difusión de la acción de servicio

Con la finalidad de que el proyecto "Ciencia en la Sobrariba" no represente una serie de eventos puntuales, sino que se otorgue la relevancia necesaria a la labor y esfuerzo de los alumnos, prestigio al centro educativo en el impulso de la metodología ApS y se fomente la presencia de la comarca de la Sobrariba, el profesor difundirá imágenes e información de las jornadas divulgativas. Dicha difusión tendría lugar tanto en la página web, como en los perfiles de Twitter, Facebook e Instagram del Centro educativo, con el hashtag #CienciaenlaSobrariba. Incluso, el profesor contactaría con los periódicos locales El Diario de León (<https://www.diariodeleon.es/>) y León Noticias (<https://www.leonoticias.com/>). De este modo, el resto de la sociedad leonesa, no relacionada con la comunidad educativa, se haría eco de este proyecto innovador, reconociendo así la promoción de la actividad social y cultural de la provincia.

El profesor también se esforzará en recoger toda la información del proceso ApS, incluyendo el diseño de las actividades divulgativas, desde los intereses de los alumnos hasta dificultades técnicas, logísticas o de aprendizaje. El conjunto de la información será relatado en un único documento, subido en la página web del centro, con un enlace y hashtag en todos los perfiles de redes sociales. Se establece como objetivo que otros centros educativos conozcan el proyecto y puedan aplicarlo en otras regiones rurales, contribuyendo todos juntos hacia la mejora educativa y el fomento de la alfabetización científica y la socialización en regiones rurales despobladas.

Aportando la información relatada, el profesor también presentará el proyecto "Ciencia en la Sobrariba" en los siguientes concursos. Supone un medio de dar a conocer también el proyecto, así como conseguir financiación económica para continuar ejecutando y mejorando este proyecto en el centro educativo, durante los años sucesivos.

- Premios Aprendizaje-Servicio, organizados por la Fundación Edebé, la Red Española de Aprendizaje-Servicio y el Ministerio de Educación y Formación Profesional (<https://aprendizajeservicio.com/>) y dirigidos a centros educativos que implantan proyectos ApS. El proyecto se presentaría en las categorías de "Premios solidaridad y derechos humanos", ya que promueve el desarrollo social a través de acciones solidarias en relación

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales con la soledad y “Premio apoyo a las personas mayores”, puesto que la propuesta fomenta la solidaridad del alumnado con personas mayores, con la finalidad de romper el aislamiento y establecer lazos intergeneracionales, mediante actividades de carácter lúdico (<https://aprendizajeservicio.com/2021-2/premios-aps-2/categorias/>). Ambos premios están financiados por la Fundación La Caixa con 1500 euros.

- Concurso Ciencia en Acción, organizado por instituciones como CSIC, Real Sociedad Española de Física (RSEF) o Real Sociedad Española de Química (RSEQ) y dirigidos a estudiantes, profesores, investigadores u otras personas que divulguen ciencia, en cualquier disciplina, fomentando el interés en la sociedad (<https://cienciaenaccion.org/>). Algunos objetivos del programa alcanzados por el proyecto son encontrar ideas innovadoras para que la ciencia resulte más interesante para la población, elaborar materiales pedagógicos útiles que complementan los contenidos curriculares, presentar la ciencia a los estudiantes de forma atractiva, incrementar la alfabetización científica de la ciudadanía o mostrar el impacto de la ciencia en el bienestar de la sociedad (<https://cienciaenaccion.org/bases-inscripcion/ciencia-en-accion/>).

Referencias bibliográficas

- Ciencia en Acción. (2021). *Bases del XXII Programa de Ciencia en Acción.* <https://cienciaenaccion.org/bases-inscripcion/ciencia-en-accion/>
- Página web de Ciencia en Acción (<https://cienciaenaccion.org/>)
- Página web de El Diario de León (<https://www.diariodeleon.es/>)
- Página web de León Noticias (<https://www.leonoticias.com/>)
- Página web de Premios Aprendizaje-Servicio (<https://aprendizajeservicio.com/>)
- Premios Aprendizaje-Servicio. (s. f.). *¿Qué premios hay?* <https://aprendizajeservicio.com/2021-2/premios-aps-2/categorias/>

Anexo I. Instrumentos de evaluación del aprendizaje

Tabla complementaria 1. Escala de valoración para cada pregunta del proceso indagatorio

ESCALA DE VALORACIÓN: APRENDIZAJE ADQUIRIDO EN LA PREGUNTA ___ DEL PROCESO DE INDAGACIÓN

Leyenda: 0 puntos (no logrado); 0,5 puntos (logrado parcialmente); 1 punto (logrado totalmente)

Indicadores de logro	0 puntos	0,5 puntos	1 punto
El conocimiento proporcionado en la respuesta es correcto, coherente y completo (CMCT y CPAA) (E1.1.) (Equipo I: E4.1, E4.2, E4.3, E5.1, E5.2, E6.1., E6.2., E7.1.) (Equipo II: E8.2., E8.3., E8.4., E8.5., E9.1., E9.2., E9.3., E9.4., E10.1, E10.2.) (Equipo III: E11.1, E11.2., E11.3, E12.1., E12.2., E12.3., E12.4., E12.5., E12.6., E13.1, E13.2, E13.3.)			
El conocimiento proporcionado se fundamenta en fuentes de información contrastadas y de diferentes formatos (CD) (E1.2.).			
La expresión por escrito es argumentada, ordenada, clara, sin faltas de ortografía y con riqueza de vocabulario y estructuras gramaticales (CCL) (E1.3.).			
Los compañeros de subgrupo colaboran en la búsqueda y redacción de las respuestas, así como respetan y enriquecen las aportaciones de otros subgrupos (CSC) (E1.2., E1.3.).			

Retroalimentación:

Fuente: elaboración propia

Tabla complementaria 2. Rúbrica de evaluación para el proceso de elaboración del taller**RUBRICA DE EVALUACIÓN: APRENDIZAJE ADQUIRIDO EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TALLER**

Indicadores de logro	Insuficiente (0,5 puntos)	Suficiente (1 punto)	Notable (1,5 puntos)	Sobresaliente (2 puntos)
Aplicar los conocimientos científicos adquiridos durante el proceso indagatorio, en la elaboración del taller (CMCT y CPAA) (E2.1.) (Equipo I: E4.1, E4.2, E4.3, E5.1, E5.2, E6.1., E6.2., E7.1.) (Equipo II: E8.2., E8.3., E8.4., E8.5., E9.1., E9.2., E9.3., E9.4., E10.1, E10.2.) (Equipo III: E11.1., E11.2., E11.3, E12.1., E12.2., E12.3., E12.4., E12.5., E12.6., E13.1, E13.2, E13.3).	El alumno no aplica los conocimientos científicos adquiridos durante el proceso indagatorio, en la elaboración del taller.	El alumno aplica parcialmente los conocimientos científicos adquiridos durante el proceso indagatorio, en la elaboración del taller.	El alumno aplica casi todos los conocimientos científicos adquiridos durante el proceso indagatorio, en la elaboración del taller.	El alumno aplica totalmente los conocimientos científicos adquiridos durante el proceso indagatorio, en la elaboración del taller.
Comunicarse oralmente con soltura y argumentar los contenidos divulgativos, adaptando el lenguaje a un público no especializado (CCL) (E2.2.).	El alumno no es capaz de comunicarse oralmente ni de argumentar, utilizando un lenguaje inapropiado.	El alumno tiene dificultad para comunicarse oralmente y argumentar, adaptando el lenguaje a un público no especializado.	El alumno se comunica oralmente con soltura y argumenta correctamente los contenidos divulgativos, pero no adapta el lenguaje a un público no especializado.	El alumno se comunica oralmente con soltura y argumenta correctamente los contenidos divulgativos, pero adapta de forma parcial el lenguaje a un público no especializado.
Elaborar una infografía y/o un mapa mental, estéticamente atractivo y que facilita la comprensión de	El alumno elabora una infografía y/o un mapa mental, antiestético y	El alumno elabora una infografía y/o un mapa mental, poco estético y	El alumno elabora una infografía y/o un mapa mental, estéticamente	El alumno elabora una infografía y/o un mapa mental,

ideas clave, a través de herramientas digitales de diseño gráfico (CD y CEC) (E2.3.).	que no facilita la comprensión de ideas clave, ni emplea de herramientas digitales de diseño gráfico.	que no facilita la comprensión de ideas clave, a través de herramientas digitales de diseño gráfico.	atractivo, que facilita la comprensión parcial de ideas clave, a través de herramientas digitales de diseño gráfico.	atractivo y que facilita la comprensión de ideas clave, a través de herramientas digitales de diseño gráfico.
Tomar la iniciativa en el diseño, reparto de tareas y elaboración del taller y anticiparse a preguntas o intereses que puedan tener los destinatarios (SIE) (E2.4.).	El alumno no toma ninguna iniciativa en el diseño, reparto de tareas y coherente, elaboración del taller, ni se anticipa a preguntas o intereses que puedan tener los destinatarios.	El alumno toma parcialmente la iniciativa en el diseño, reparto de tareas y taller y se anticipa a taller, pero no se anticipa a preguntas o intereses que puedan tener los destinatarios.	El alumno toma casi siempre la iniciativa en el diseño, reparto de tareas y taller y se anticipa a elaboración del taller y se anticipa a preguntas o intereses que puedan tener los destinatarios.	El alumno toma siempre la iniciativa en el diseño, reparto de tareas y taller y se anticipa a elaboración del taller y se anticipa a preguntas o intereses que puedan tener los destinatarios.
Trabajar en equipo con el resto de miembros, respetar sus opiniones y mostrar interés en fomentar la cultura científica y la socialización en los futuros destinatarios (CSC) (E2.5.).	El alumno no trabaja en equipo con el resto de miembros, ni respeta sus opiniones ni muestra interés en fomentar la cultura científica en los futuros destinatarios.	El alumno trabaja en equipo con el resto de miembros, pero no respeta sus opiniones ni muestra interés en fomentar la cultura científica en los futuros destinatarios.	El alumno trabaja en equipo con el resto de miembros, pero no respeta sus opiniones, pero muestra escaso interés en fomentar la cultura científica en los futuros destinatarios.	El alumno trabaja en equipo con el resto de miembros, y respeta sus opiniones, pero muestra interés en fomentar la cultura científica en los futuros destinatarios.

Retroalimentación:

Fuente: elaboración propia

Tabla complementaria 3. Registro anecdótico de aportaciones de carácter excepcional

REGISTRO ANECDÓTICO:

Nombre del alumno:

Sesión, evento o pregunta de indagación:

Fecha:

Indicar con una X

No responde a una pregunta de indagación.

No asiste a la sesión de consenso o a los ensayos del taller.

Falta de respeto grave al profesor, a un miembro del equipo o a otro compañero.

Utiliza Teams para otros fines distintos al proyecto.

Repuesta a una pregunta por encima del nivel exigido.

Divulga oralmente de forma excepcional.

Ayuda al resto de miembros de forma excepcional.

Muestra una actitud de gran predisposición para fomentar la cultura en los pueblos.

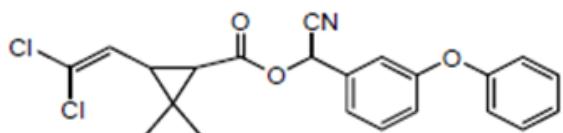
Otros: _____

Comentarios adicionales:

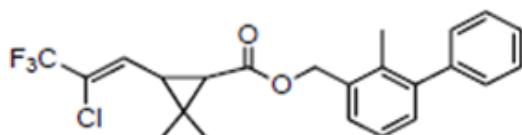
Fuente: elaboración propia

Prueba de evaluación final de la actividad “control de plagas” (CMCT) (E.6.1., E6.2., E7.1.).

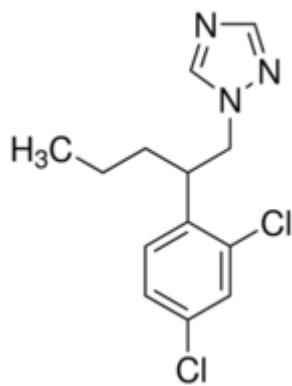
Juego “quién es quién” de elaboración propia.

Figura complementaria 51. Prueba de evaluación ¿quién es quién?**¿QUIÉN ES QUIÉN?**

Cipermetrina



Bifentrina



Penconazol



Imagen 1



Imagen 2



Imagen 3



Imagen 4



Imagen 5

H311

H412

P405

P501

Fuente: elaboración propia

Pregunta 1. ¿Quién soy? Tengo un éster. Tengo un ciclopropano. Tengo un nitrilo.

Respuesta: _____

¿Qué otros grupos funcionales tengo? _____

Pregunta 2. ¿Quién soy? Tengo un triazol. Tengo un diclorofenilo.

Respuesta: _____

Pregunta 3. ¿Quién soy? Soy un pictograma. Indico un peligro físico y para la salud. Indico que un producto químico puede destruir metales o causar daños en piel y ojos.

Respuesta: _____ ¿Qué peligro indico? _____

Pregunta 4. ¿Quién soy? Soy un pictograma. Indico un peligro para la salud. Indico que un producto químico puede provocar náuseas, vómitos, dolores de cabeza, pérdida de conocimiento e, incluso, la muerte.

Respuesta: _____ ¿Qué peligro indico? _____

Pregunta 5. ¿Quién soy? Soy un indicador. Indico un consejo de prudencia. Indico cómo debe almacenarse un producto químico.

Respuesta: _____

Referencias bibliográficas:

Merck. (s. f.). *Penconazol.*

<https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/36189?lang=es®ion=ES>

Navarro, J. (s. f.). *Sustancias peligrosas. Pictogramas.* Aprender Física y Química.

<http://aprenderfisicayquimica.weebly.com/sustancias-peligrosas-pictogramas.html>

Wu, Y., Miao, H. y Fan, S. (2011). Separation of chemical pyrethroid pesticides and application in pharmacokinetics research and human exposure assessment. *InTechOpen, Pesticides in the modern world – Effects of pesticides exposure.* DOI: 10.5772/16617

Prueba de evaluación final de la actividad “vacunas contra la Covid-19” (CMCT) (E8.1., E8.2., E8.3., E8.4., E8.5., E9.1., E9.2., E9.3.). Kahoot de ocho preguntas de elaboración propia.

Enlace: <https://create.kahoot.it/share/prueba-de-evaluacion-vacunas-contra-la-covid-19/288ac261-0290-40ca-b6c3-ee2b58269318>

Figura complementaria 52. Prueba de evaluación con ocho preguntas de Kahoot

El enlace peptídico es...

27

Kahoot!

0 Respuestas

Omitir

1/8

6 kahoot.it PIN de juego: 1876405

▲ el enlace covalente que une aminoácidos.

◆ el enlace covalente que une nucleótidos.

● la interacción intermolecular que une aminoácidos.

■ la interacción intermolecular que une nucleótidos.

¿Cuáles son las bases nitrogenadas presentes en los nucleótidos que constituyen el ADN?

18

Kahoot!

0 Respuestas

Omitir

2/8

6 kahoot.it PIN de juego: 1876405

▲ Adenina, guanina, citosina y uracilo.

◆ Adenina, guanina, citosina y timina.

● Ribosa y desoxirribosa.

■ Desoxirribosa, adenina, guanina, citosina y timina.



Las vacunas de tipo ARN mensajero tienen en su composición ribosa y timina.

28



Omitir

0 Respuestas

◆ Verdadero ▲ Falso

3/8 

Las interacciones intermoleculares que unen dos cadenas de ADN son...

28

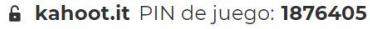


Omitir

0 Respuestas

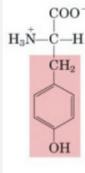
▲ los puentes disulfuro. ◆ los puentes de hidrógeno.

● hidrofóbicas ■ electrostáticas.

4/8 

Los grupos funcionales orgánicos de la cadena lateral de la tirosina son...

27



Omitir

0 Respuestas

▲ benceno. ◆ fenol.

● carboxilo, amina y benceno. ■ carboxilo, amina y fenol.

5/8 



Los anticuerpos son...

28

Kahoot!

0 Respuestas

6/8 kahoot.it PIN de juego: 1876405

<input type="checkbox"/> ▲ ácidos nucleicos.	<input type="checkbox"/> ◆ lípidos.
<input checked="" type="checkbox"/> ● hidratos de carbono.	<input type="checkbox"/> ■ proteínas.

Las vacunas contra la Covid-19...

26

Kahoot!

0 Respuestas

7/8 kahoot.it PIN de juego: 1876405

<input type="checkbox"/> ▲ producen parte del virus con capacidad infecciosa.	<input type="checkbox"/> ◆ producen parte del virus sin capacidad infecciosa.
<input checked="" type="checkbox"/> ● actúan como anticuerpos.	<input type="checkbox"/> ■ ninguna es correcta.

Las vacunas contra la Covid-19, tipo adenovirus, producen parte del virus mediante...

23

Kahoot!

0 Respuestas

8/8 kahoot.it PIN de juego: 1876405

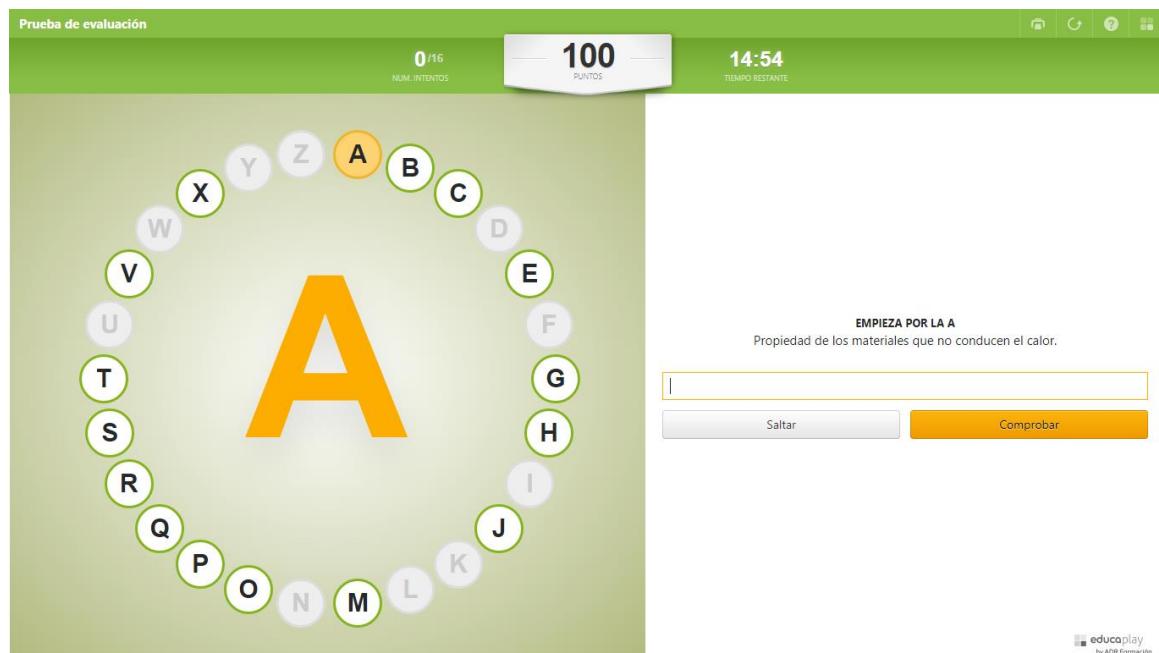
<input type="checkbox"/> ▲ la transcripción.	<input type="checkbox"/> ◆ la traducción.
<input checked="" type="checkbox"/> ● ambas son correctas.	<input type="checkbox"/> ■ ninguna es correcta.

Fuente: elaboración propia

Prueba de evaluación final de la actividad “ahorro energético” (CMCT) (E12.1., E12.2., E12.6., E13.3.). Ruleta de palabras en Educaplay de elaboración propia.

Enlace: https://es.educaplay.com/recursos-educativos/9311829-prueba_de_evaluacion.html

Figura complementaria 53. Prueba de evaluación de ruleta de palabras en Educaplay



Letra	Opción	Respuestas	Definición
	A	Empieza aislante	Propiedad de los materiales que no conducen el calor.
	B	Contiene trabajo	Transformación de un tipo de energía en otra.
	C	Empieza convección	Mecanismo de propagación del calor en los fluidos.
	D	Empieza	
	E	Empieza electrodoméstico,electrodomésticos	Grupo de máquinas más comunes en el hogar.
	F	Empieza	
	G	Contiene energía	Capacidad que tiene un cuerpo para provocar cambios en él mismo o en los demás.
	H	Empieza hipótesis	En el método científico, se formula tras la fase de investigación.
	I	Empieza	
	J	Empieza julio	Unidad del Sistema Internacional para medir la energía.
	K	Empieza	

	L	Empieza	
	M	Empieza máquina	Puede transformar un tipo de energía en otra, mediante la realización de un trabajo.
	N	Empieza	
	O	Empieza observación	Primera fase del método científico.
	P	Empieza potencia	Magnitud que relaciona el trabajo realizado por unidad de tiempo.
	Q	Contiene etiqueta,etiqueta energética	Debemos fijarnos en ella cuando vamos a comprar un electrodoméstico energéticamente eficiente.
	R	Empieza radiación	Mecanismo de propagación del calor que no necesita de medio material.
	S	Contiene conclusiones	En la última fase del método científico, son emitidas tras el análisis de datos.
	T	Empieza térmica	Tipo de energía que poseen las moléculas en movimiento de un cuerpo, siendo proporcional a su temperatura.
	U	Empieza	
	V	Empieza vatios	Unidad del Sistema Internacional para medir la potencia.
	W	Empieza	
	X	Contiene experimentación	Fase del método científico en la que se comprueba una hipótesis en el laboratorio.
	Y	Empieza	
	Z	Empieza	

Fuente: elaboración propia

Anexo J. Cuestionarios de evaluación de la propuesta

Cuestionario para la futura evaluación por el profesor

El siguiente cuestionario se incluiría en un archivo Excel, con los resultados mostrados en un gráfico en formato de araña. De este modo, el profesor visualiza globalmente el grado de consecución obtenido para cada uno de los dinamismos del ApS, propuestos por Rubio et al. (2015). Este cuestionario supone una adaptación de la rúbrica de evaluación de proyectos ApS de Rubio et al. (2015) a la propuesta "Ciencia en la Sobrariba".

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN POR EL PROFESOR DEL PROYECTO "CIENCIA EN LA SOBARRIBA"

Se recomienda completar este cuestionario de evaluación del proyecto "Ciencia en la Sobrariba" tras aplicar cada fase del ApS, incluyendo el diseño de cada actividad divulgativa. Este cuestionario busca que el profesor reflexione sobre los dinamismos que engloban un proyecto ApS, con la finalidad de aplicar mejoras.

La necesidad social de escasez de alfabetización científica y oportunidades de socialización en la Sobrariba es...

- 1- Ignorada: las actividades no tienen en cuenta la necesidad social.
- 2- Presentada: las actividades presentan directamente la necesidad social a los alumnos, sin fomentar su visión crítica y la toma de conciencia.
- 3- Decidida: los alumnos deciden las necesidades sobre las que actuar, tras un análisis crítico, que puede no coincidir con la planificada.
- 4- Descubierta: las actividades permiten que los alumnos descubran la necesidad planificada y tomar conciencia de ello, tras llevar a cabo un análisis crítico de la realidad.

El servicio, es decir, la preparación y ejecución de las jornadas de divulgación científica es...

- 1- Simple: el diseño y ejecución de los talleres divulgativos son tareas sencillas y puntuales, de poca exigencia para los alumnos.

- 2- Continuado: el diseño y ejecución de los talleres divulgativos tiene una duración prolongada, pero las tareas son fáciles y repetitivas, suponiendo poca exigencia para los alumnos.
- 3- Complejo: el diseño y ejecución de los talleres divulgativos tiene una duración prolongada, permitiendo a los alumnos adquirir destreza en la investigación de una temática y aplicación en talleres divulgativos.
- 4- Creativo: el diseño y ejecución de los talleres divulgativos tiene una duración variable, en función de la complejidad, exigiendo a los alumnos ser creativos e implicación para investigar y elaborar los talleres.

El sentido del servicio es...

- 1- Tangencial: el servicio, es decir, las jornadas divulgativas, no parten de la necesidad de falta de alfabetización científica y socialización en la Sobrariba, por lo que los alumnos no perciben la dimensión social de sus talleres.
- 2- Necesario: el servicio, es decir, las jornadas divulgativas, dan respuesta a la necesidad de falta de alfabetización científica y socialización en la Sobrariba, aunque los alumnos no perciben la dimensión social de sus talleres.
- 3- Cívico: el servicio, es decir, las jornadas divulgativas, dan respuesta a la necesidad de falta de alfabetización científica y socialización en la Sobrariba y los alumnos son conscientes de la dimensión social de tus talleres.
- 4- Transformador: el servicio, es decir, las jornadas divulgativas, dan respuesta a la necesidad de falta de alfabetización científica y socialización en la Sobrariba, los alumnos son conscientes de la dimensión social de tus talleres y, además, perciben los límites que tienen sus talleres al carecer de una dimensión política que resuelva el problema de la despoblación.

Los aprendizajes de contenidos y competencias de los alumnos son...

- 1- Espontáneos: la propuesta no ha programado los aprendizajes de contenidos ni competencias y, por tanto, no se han diseñado actividades para ello. Los aprendizajes se adquieren de modo informal durante el diseño y puesta en marcha de los talleres.
- 2- Planificados: la propuesta ha programado los aprendizajes de contenidos y competencias acorde al currículum, diseñándose actividades para su adquisición. No obstante, los aprendizajes no tienen vínculo con el servicio.

- 3- Útiles: la propuesta ha programado los aprendizajes de contenidos y competencias acordes al currículum, diseñándose actividades para su adquisición, con una estrecha relación con el servicio. De hecho, su adquisición mejora la intervención en el servicio.
- 4- Innovador: los alumnos adquieren los aprendizajes de contenidos y competencias a partir de su actividad investigadora y la aplicación de sus conocimientos en el diseño autónomo de talleres, relacionados con el currículum y vinculados directamente con el servicio.

La participación de los alumnos en el proyecto es...

- 1- Cerrada: los alumnos se limitan a llevar a cabo las actividades planificadas, sin posibilidad de introducir modificaciones.
- 2- Delimitada: los alumnos realizan aportaciones puntuales, exigidas en las actividades, en determinados momentos del proyecto.
- 3- Compartida: los alumnos comparten con el profesor la responsabilidad en la investigación, diseño y ejecución de los talleres.
- 4- Liderada: los alumnos son los promotores y responsables del proyecto, decidiendo sobre aspectos relevantes en todas las fases del proyecto.

El trabajo en grupo de los alumnos es...

- 1- Indeterminado: las actividades son individuales, por lo que los procesos de ayuda entre compañeros son espontáneos.
- 2- Colaborativo: las actividades se basan en la contribución autónoma de los compañeros de equipo, unificándose sus tareas posteriormente.
- 3- Cooperativo: las actividades requieren del trabajo interdependiente y articulado de los compañeros de equipo para alcanzar el objetivo común.
- 4- Expansivo: en las actividades no solo participan los alumnos, sino que también se incorporan otros agentes de la comunidad educativa.

La reflexión de los alumnos durante el proyecto es...

- 1- Difusa: las actividades no contemplan la reflexión, independientemente de que la propia experiencia pueda someterse a autoevaluación de forma natural.
- 2- Puntual: se han programado actividades para la reflexión, aunque supone momentos puntuales e independientes de la investigación, elaboración y ejecución de los talleres.

“Ciencia en la Sobrariba”: propuesta de Aprendizaje-Servicio para Física y Química en 4º ESO sobre divulgación científica en localidades rurales

- 3- Continua: se han programado actividades para la reflexión y, además, se llevan a cabo ejercicios reflexivos durante la investigación, elaboración y ejecución de los talleres.
- 4- Productiva: se han programado actividades para la reflexión, se llevan a cabo ejercicios reflexivos durante la investigación, elaboración y ejecución de los talleres e, incluso, implica nuevas aportaciones para la Sobrariba, no contempladas previamente en el proyecto.

El reconocimiento ofrecido a los alumnos por su trabajo y esfuerzo es...

- 1- Casual: la ejecución de los talleres, en las jornadas divulgativas, no supone el reconocimiento del esfuerzo de los alumnos, aunque de forma espontánea los destinatarios pueden agradecer su labor.
- 2- Intencionado: la ejecución de los talleres, en las jornadas divulgativas, ha organizado momentos para reforzar positivamente el esfuerzo de los participantes.
- 3- Recíproco: los destinatarios y el Ayuntamiento de Valdefresno llevan a cabo iniciativas para expresar su gratitud y celebrar el éxito de las jornadas divulgativas.
- 4- Público: el reconocimiento a los alumnos adquiere una dimensión pública, ya que se ha difundido tanto en el Ayuntamiento de Valdefresno como en el resto de la comunidad educativa.

La evaluación de los aprendizajes de los alumnos es...

- 1- Informal: el proyecto no establece un plan de evaluación para medir el grado de alcance de objetivos, competencias y estándares de aprendizaje, aunque el profesor, de modo espontáneo y puntual, puede evaluar a los alumnos.
- 2- Intuitiva: el profesor evalúa a los alumnos, sin seguir indicadores que establezcan el grado de logro de objetivos, competencias y estándares de aprendizaje.
- 3- Competencial: el proyecto establece un plan de evaluación para medir el grado de alcance de objetivos, competencias y estándares de aprendizaje.
- 4- Conjunta: profesor y alumnos participan conjuntamente en el plan de evaluación, a lo largo de las fases del proyecto.

El partenariado del centro educativo es...

- 1- Unilateral: solo participa el centro educativo en el proyecto, sin interactuar con el Ayuntamiento de Valdefresno para organizar las jornadas divulgativas.

- 2- Dirigido: el centro educativo planifica y lleva a cabo el proyecto, mientras que el Ayuntamiento de Valdefresno solo ofrece el espacio de servicio.
- 3- Pactado: el centro educativo y el Ayuntamiento de Valdefresno acuerdan conjuntamente las condiciones de aplicación del proyecto, siendo diseñado exclusivamente por el centro educativo.
- 4- Integrado: el centro educativo y el Ayuntamiento de Valdefresno se implican conjuntamente en el diseño y aplicación del proyecto, durante todo el proceso.

La consolidación del proyecto “Ciencia en la Sobrariba” en el centro educativo es...

- 1- Incipiente: la propuesta ApS de divulgación científica en localidades rurales ha sido conocida por el centro, porque ya lo había aplicado previamente un profesor o gracias a la difusión de otro centro educativo.
- 2- Aceptada: el proyecto ha sido una iniciativa personal, con el reconocimiento del equipo directivo del centro y el respaldo del resto del profesorado.
- 3- Integrada: se aplica el proyecto en más de un nivel educativo, vinculándose al currículum de las diferentes materias. Por tanto, supone implicaciones en la metodología y organización del centro.
- 4- Identitaria: el proyecto forma parte de la cultura del centro, por lo que está presente en su proyecto educativo y el centro lo presenta como un rasgo de su identidad.

La consolidación del proyecto “Ciencia en la Sobrariba” en el Ayuntamiento de Valdefresno es...

- 1- Incipiente: el Ayuntamiento simplemente conoce el proyecto, ya que supone su primera participación en una experiencia ApS.
- 2- Aceptada: el Ayuntamiento reconoce la función educadora del proyecto.
- 3- Integrada: el proyecto está presente en el programa de actividades del Ayuntamiento de Valdefresno, planificando el personal e instalaciones necesarias para ello.
- 4- Identitaria: el proyecto forma parte de los ideales del Ayuntamiento y lo presenta como un rasgo de su identidad, dotando de los recursos necesarios para su implantación.

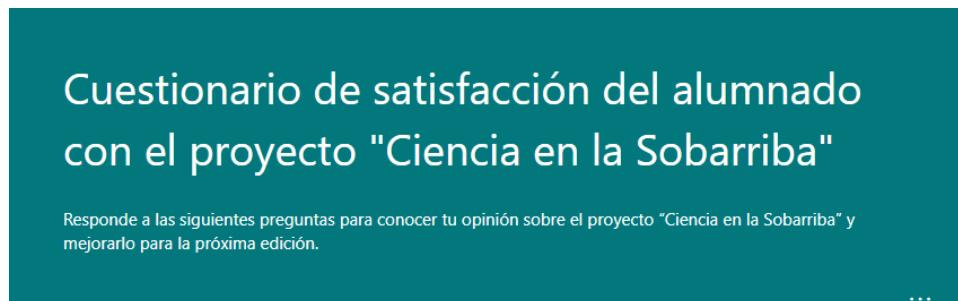
Cuestionario de satisfacción para el alumnado

En la sesión de reflexión final, este cuestionario de satisfacción, disponible en Microsoft Forms, es completado por los alumnos en sus tabletas. Permite al profesor conocer el punto de vista del alumnado en relación con dinamismos básicos y pedagógicos del proyecto ApS.

Enlace del cuestionario de satisfacción para el alumnado de Microsoft Forms:

https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=3ImXiS8gtESEcqbUD560QIripGxxxBtHrWs_6rlX7S9URE8yNENHV0xDMzRCWlpMRUsySDJZSEhCMC4u

Figura complementaria 54. Cuestionario de satisfacción para el alumnado



1. Gracias al proyecto, soy consciente de la crítica situación de despoblación de los pueblos de León y que puedo ayudar a sus habitantes, para que tengan las mismas oportunidades que yo.



2. Considero que las jornadas de divulgación científica han incrementado los conocimientos de ciencia y las oportunidades de socialización de los habitantes de la Sobrariba.



3. ¿Crees que los habitantes de la Sobrariba han disfrutado en las jornadas? ¿Puedes explicar los motivos? ¿Qué aspectos cambiarías de las jornadas?

Escriba su respuesta

4. ¿Te han gustado las temáticas de control de plagas, vacunas contra la Covid-19 y ahorro energético? ¿Qué otras temáticas científicas propones?

Escriba su respuesta

5. Si tuvieras la oportunidad, ¿participarías en en otras jornadas de divulgación científica?



6. A parte de la divulgación científica, ¿se te ocurren otras soluciones para mejorar el problema de falta de conocimiento científico y oportunidades de socialización en los pueblos de la Sobrariba?

Escriba su respuesta

7. En comparación con explicar en la pizarra y hacer deberes, ¿te ha gustado aprender Física y Química a través de la divulgación científica?



8. ¿Consideras que tu esfuerzo en el proceso de investigación, el diseño del taller y la participación en las jornadas de divulgación ha sido excesivo? ¿Qué aspectos te han supuesto más trabajo o dificultad?

Escriba su respuesta

9. En vez de guiaros con preguntas en el proceso indagatorio y una guía en el diseño del taller, ¿te hubiera gustado tener más libertad de participación? ¿En qué aspectos?

Escriba su respuesta

10. El trabajo en grupo con mi equipo ha facilitado la investigación y la elaboración de los talleres.



11. La escala de valoración y la rúbrica de evaluación han sido los instrumentos adecuados para evaluar mi aprendizaje.



12. ¿Te ha gustado cómo ha trabajado y la actitud de tu profesor? ¿Qué es lo que más te ha gustado de él? ¿Qué cambiarías?

Escriba su respuesta

Enviar

Fuente: elaboración propia

Cuestionario de satisfacción para los destinatarios

En las jornadas divulgativas de cada localidad rural, tras exponer los talleres y previo a la merienda, los destinatarios completan voluntariamente un cuestionario de satisfacción sobre las jornadas. Desde el punto de vista de los destinatarios, el profesor podrá analizar la calidad del servicio proporcionado. Los destinatarios acceden al cuestionario de Microsoft Forms, a través del siguiente código QR (figura complementaria 55), desde sus móviles o las tabletas prestadas.

Enlace y código QR del cuestionario de satisfacción para los destinatarios de Microsoft Forms:

https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=3ImXiS8gtESEcqbUD560QIripGxxxBtHrWs_6rlX7S9UMDIUTk4wUFBCOVhPNVI0SkI2TFIIEWFFGSi4u

Figura complementaria 55. Código QR del cuestionario de satisfacción para los destinatarios



Fuente: Microsoft Forms

Figura complementaria 56. Cuestionario de satisfacción para los destinatarios

Cuestionario de satisfacción de los espectadores con las jornadas divulgativas

Nos gustaría conocer tu opinión como espectador con la finalidad de mejorar las jornadas divulgativas del proyecto "Ciencia en la Sobrariba".

...

1. Puntúe su impresión general sobre la organización y gestión de los talleres.



2. Puntúe el grado de dedicación, compromiso y comportamiento de los alumnos.



3. Las temáticas de control de plagas, vacunas contra la Covid-19 y ahorro energético han sido interesantes, he aprendido nuevos conocimientos y el contenido proporcionado ha sido de calidad.



4. ¿Podría sugerirnos otras temáticas de ámbito científico de su interés para futuras jornadas divulgativas?

Escriba su respuesta

5. La difusión previa de las jornadas divulgativas en los pueblos ha permitido a los habitantes informarse de ello.



6. Si el próximo año repitiéramos unas jornadas divulgativas, ¿le gustaría volver a asistir?



7. A continuación, escriba sugerencias no recogidas previamente. ¡Muchas gracias por participar!

Escriba su respuesta

Enviar

Fuente: elaboración propia