Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades

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

Estudio de la actividad enzimática mediante aprendizaje basado en proyectos. Programación para Biología de segundo de bachillerato

Trabajo fin de estudio presentado por:	Jennifer Vázquez González
Tipo de trabajo:	Programación didáctica
Especialidad:	Biología y Geología
Director/a:	María Luz Diago Egaña
Fecha:	8 de julio de 2026

Resumen

Este Trabajo de Fin de Máster presenta una programación didáctica para la asignatura de Biología de 2.º de Bachillerato, centrada en el estudio de la actividad enzimática mediante una situación de aprendizaje basada en Aprendizaje Basado en Proyectos y trabajo colaborativo. La propuesta surge por la complejidad y el carácter abstracto de los contenidos relacionados con las enzimas y el metabolismo, que con frecuencia dificultan la comprensión completa favoreciendo aprendizajes memorísticos. El objetivo general de este trabajo es diseñar una situación de aprendizaje, en el contexto de una programación didáctica anual, para trabajar los saberes básicos relacionados con las enzimas en la asignatura de Biología de 2.º de Bachillerato, utilizando metodologías activas como Aprendizaje Basado en Proyectos y trabajo colaborativo. Por ello, se diseña una intervención estructurada en nueve sesiones que integra comprensión conceptual, interpretación de gráficas, diseño experimental, experimentación en el laboratorio, análisis de resultados, aplicación a contextos biotecnológicos reales y comunicación científica en un congreso científico escolar. La programación se ajusta al marco normativo vigente en Bachillerato y se articula desde un enfoque competencial, incorporando criterios de evaluación coherentes, medidas de atención a la diversidad y una propuesta de evaluación de la programación. El trabajo ofrece una intervención didáctica realista y fundamentada para abordar uno de los bloques más complejos de la Biología escolar.

Palabras clave: Actividad enzimática, Biología, Bachillerato, Aprendizaje basado en proyectos, Programación didáctica

Abstract

This Master's Thesis presents a teaching programme for Biology in the second year of upper secondary education, focused on the study of enzymatic activity through a learning situation based on Project-Based Learning and collaborative work. The proposal arises from the complexity and abstract nature of contents related to enzymes and metabolism, which often hinder full understanding and tend to promote rote learning. The general aim of this work is to design a learning situation, within the framework of an annual teaching programme, focused on the basic contents related to enzymes in the subject of Biology in the second year of upper secondary education, using active methodologies such as Project-Based Learning and collaborative work. For this reason, a nine-session intervention is designed, integrating conceptual understanding, graph interpretation, experimental design, laboratory experimentation, data analysis, application to real biotechnological contexts, and scientific communication through a school science conference. The teaching programme is aligned with the current curricular framework for upper secondary education and is structured from a competence-based approach, incorporating coherent assessment criteria, attention to diversity measures, and a proposal for evaluating the programme. Overall, the study offers a realistic and well-grounded teaching intervention to address one of the most complex content blocks in school Biology.

Keywords: Enzymatic activity, Biology, Upper secondary education, Project-Based Learning, Teaching programme

Índice de contenidos

1. Introducción 8
1.1. Justificación y planteamiento del problema 9
1.2. Objetivos 13
1.2.1. Objetivo general 13
1.2.2. Objetivos específicos 13
2. Programación didáctica 14
2.1. Presentación de la Programación didáctica 14
2.2. Contextualización 17
2.2.1. Contexto de la asignatura 17
2.2.2. Contexto del centro educativo 17
2.2.3. Aula y características del alumnado 19
2.3. Elementos curriculares 20
2.3.1. Objetivos de etapa 20
2.3.2. Objetivos didácticos 21
2.3.3. Competencias 22
2.3.4. Saberes básicos 25
2.4. Metodología 29
2.5. Organización de los espacios de aprendizaje 31
2.6. Distribución del tiempo 32
2.7. Selección y organización de los recursos y materiales 34
2.7.1. Materiales de aula y comunicación científica 34
2.7.2. Recursos de laboratorio 35
2.7.3. Recursos digitales y documentación 36

2.7.4. Recursos humanos y coordinación 37
2.7.5. Organización logística y alternativas 37
2.8. Atención a la diversidad 38
2.9. Evaluación 40
2.10. Situación de aprendizaje 44
2.11. Evaluación de la Programación didáctica 54
3. Conclusiones 57
4. Limitaciones y prospectiva 59
Referencias bibliográficas 61
Anexo A. Objetivos de etapa estatales y autonómicos 64
Anexo B. Competencias clave 65
Anexo C. Saberes básicos de Biología (2.º Bachillerato) según *Decret* 171/2022 (Cataluña). . 68
Anexo D. Guía del proyecto 70
Anexo E. Ficha del diseño experimental 71
Anexo F. Hoja recogida de datos y análisis de resultados 72
Anexo G: Fichas de casos reales de aplicación biotecnológica 73
Anexo H. Plantilla del *abstract* y lista de cotejo de aceptación 74
Anexo I. Instrucciones del póster científico 75
Anexo J. Instrucciones de evaluación 76
- Anexo J1. Rúbrica de diseño experimental 76
- Anexo J2. Rúbrica de análisis de resultados 77
- Anexo J3. Rúbrica del póster científico 78
- Anexo J4. Rúbrica de exposición oral 79
- Anexo J5. Lista de control inicial 80
- Anexo J6. Autoevaluación y coevaluación 81
Anexo K. Escala de autoevaluación docente 82

Índice de figuras

Figura 1. Organigrama del centro educativo donde se implementará la programación didáctica.....19

Figura 2. Análisis DAFO de la programación didáctica y de la SdA. 55

Índice de tablas

Tabla 1. Programación general de la Unidad Didáctica anual de Biología en 2.º de Bachillerato en función del Decret 171/2022.....15

Tabla 2. Objetivos generales de etapa de Bachillerato trabajados en la SdA "Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas". 21

Tabla 3. Relación entre competencias específicas y competencias clave (SdA "Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas"). 24

Tabla 4. Relación de elementos curriculares de la SdA.....27

Tabla 5. Cronograma de la SdA 34

Tabla 6. Recursos y materiales por fases del proyecto. 38

Tabla 7. Elementos de evaluación empleados en la SdA. 43

Tabla 8. Desarrollo de la Actividad 01. 45

Tabla 9. Desarrollo de la Actividad 02. 46

Tabla 10. Desarrollo de la Actividad 03. 47

Tabla 11. Desarrollo de la Actividad 04. 48

Tabla 12. Desarrollo de la Actividad 05. 49

Tabla 13. Desarrollo de la Actividad 06. 50

Tabla 14. Desarrollo de la Actividad 07. 51

Tabla 15. Desarrollo de la Actividad 08. 52

Tabla 16. Desarrollo de la Actividad 09. 53

1. Introducción

La evolución de la Biología como ciencia experimental ha permitido que se consolide como una disciplina clave para comprender los procesos esenciales que sostienen la vida, pero también, para afrontar desafíos globales actuales como la sostenibilidad, el rápido desarrollo tecnológico y la transición de la producción actual hacia modelos más responsables. En este sentido, las enzimas juegan un papel fundamental en la biología ya que pueden definirse como "herramientas moleculares" que hacen posible, controlan y optimizan prácticamente todas las reacciones químicas que tienen lugar en los seres vivos (Robinson, 2015). Además, su estudio no solo permite explicar cómo funciona la vida, sino que es esencial para transformar el conocimiento biológico en aplicaciones prácticas. De este modo, las enzimas se sitúan en el centro de la biología moderna y adquieren mucha relevancia en el diseño, desarrollo e implementación de soluciones tecnológicas destinadas a minimizar el impacto ambiental.

Teniendo en cuenta el papel esencial de las enzimas, es importante que en la asignatura de Biología se involucre a los estudiantes en todos los conceptos relacionados con las enzimas, tanto en lo referente a su función en el mantenimiento de la vida como su utilidad en procesos industriales y biotecnológicos. En este sentido, la etapa de Bachillerato es un momento clave para profundizar en estos contenidos y al mismo tiempo, favorecer que los alumnos puedan desarrollar competencias científicas avanzadas y amplíen conocimientos que los prepare para el acceso a estudios superiores. No obstante, a pesar de su importancia conceptual, los contenidos sobre las enzimas, incluidos en el currículo de Biología de 2.º de Bachillerato, presentan elevada complejidad y un alto nivel de abstracción, especialmente cuando no se abordan mediante metodologías activas, lo que convierte su aprendizaje en un reto para gran parte del alumnado (Putica, 2023).

La investigación reciente en didáctica de las ciencias ha puesto de manifiesto que estas dificultades no se limitan al propio estudio de las enzimas en sí, sino que también forma parte de la problemática el tipo de enseñanza de las ciencias experimentales, estrechamente vinculada al predominio de estilos didácticos transmisivos y a la enseñanza descontextualizada de los contenidos (Guerra-Reyes et al., 2024). En el caso de la Biología, esta situación se agrava por el carácter abstracto de numerosos procesos moleculares y por la imposibilidad de

observarlos directamente, contribuyendo a la aparición y persistencia de conceptos erróneos (Ogundare et al., 2025).

Estas dificultades justifican la necesidad de replantear cómo se enseñan los contenidos enzimáticos en Bachillerato, no solo desde un punto de vista conceptual, sino también metodológico, mediante alternativas que fomenten una comprensión profunda y funcional del conocimiento científico.

Por esta razón, en este Trabajo de Fin de Máster (TFM) se propone el diseño de una Situación de Aprendizaje (SdA) basada en Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y trabajo colaborativo para abordar el aprendizaje de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas en la asignatura de Biología de 2.º de Bachillerato. La propuesta se alinea con el enfoque competencial y busca ofrecer una intervención didáctica contextualizada, experimental y orientada a mejorar la comprensión de los procesos metabólicos mediante experiencias de aprendizaje significativas y conectadas con la práctica científica actual.

1.1. Justificación y planteamiento del problema

El saber básico de biomoléculas y metabolismo, donde se incluye el estudio de las enzimas, constituye uno de los bloques más complejos y exigentes del currículo de Biología de 2.º de Bachillerato. Aunque el alumnado suele reconocer su relevancia, la comprensión profunda de estos procesos les plantea dificultades significativas. El estudio de la actividad enzimática implica interpretar modelos abstractos, comprender procesos que no se pueden observar directamente y relacionar diferentes niveles de organización biológica. Todo ello requiere integrar conceptos de biología molecular, química, estructura proteica y metabolismo, lo que no siempre resulta intuitivo para estudiantes en esta etapa educativa.

La investigación en didáctica ha mostrado que estas características convierten el temario de enzimas en un área especialmente vulnerable a la aparición de concepciones persistentes. Estudios recientes destacan que muchos alumnos mantienen ideas erróneas incluso después de haber recibido educación formal. Entre las concepciones más frecuentes se encuentran la interpretación incorrecta del sitio activo, no entender correctamente la relación entre concentración de sustrato y velocidad de reacción, la confusión sobre el papel de la energía de activación o la falta de conexión entre estructura tridimensional y función catalítica (Reinoso et al., 2023). También es habitual que los estudiantes carezcan de una visión

integrada del metabolismo y no logren relacionar los fenómenos moleculares con las respuestas fisiológicas, lo que conduce a explicaciones fragmentadas e incompletas (Srinivasan, 2021). Investigaciones realizadas con alumnado universitario ponen de manifiesto que estas dificultades persisten en etapas educativas posteriores, evidenciando elevados niveles de conceptos erróneos en aspectos como la cinética enzimática o la interpretación de gráficos bioquímicos (Syahmani et al., 2024). Estos resultados confirman el carácter persistente de dichas concepciones erróneas y refuerzan la necesidad de diseñar propuestas didácticas orientadas explícitamente al cambio conceptual del alumnado desde etapas educativas previas.

Estas dificultades en el aprendizaje tienden a acentuarse cuando se trabaja desde metodologías tradicionales excesivamente expositivas, centradas en la transmisión de contenido por parte del profesor y en la memorización de definiciones, reacciones y rutas metabólicas del alumnado. Aunque este enfoque puede resultar útil para introducir la terminología, no facilita que el alumno comprenda la naturaleza dinámica de los procesos metabólicos ni que desarrolle razonamiento científico con fundamento. La ausencia de experimentación, de análisis de datos o de situaciones contextualizadas limita la capacidad de los estudiantes para aplicar los conceptos estudiados, interpretar representaciones gráficas o resolver problemas reales. Todo ello deriva en un aprendizaje superficial y poco funcional (Guerra-Reyes, et al., 2024).

Frente a estas limitaciones, estudios recientes destacan que las metodologías activas contribuyen significativamente a mejorar la comprensión de los fenómenos biológicos complejos como la actividad enzimática. Entre ellas, el ABP además de favorecer la motivación de los estudiantes, se presenta como una estrategia especialmente útil que permite contextualizar los contenidos científicos en situaciones reales, permite vincular la teoría y la práctica y promueve el desarrollo de habilidades cognitivas superiores, como el análisis de datos, la resolución de problemas o la comunicación de resultados (Hornejas et al., 2024). En el campo de la bioquímica escolar, se ha demostrado que el ABP ayuda a relacionar niveles microscópicos y macroscópicos del metabolismo, ayudando a superar la visión fragmentada y a comprender los procesos metabólicos como sistemas dinámicos y regulados (Couto et al., 2025). No obstante, el ABP no debe entenderse como una solución metodológica automática,

sino como una estrategia que requiere de planificación rigurosa y un diseño coherente de las tareas para lograr un impacto real en la comprensión conceptual de los estudiantes.

El potencial del ABP aumenta cuando se combina con dinámicas de trabajo colaborativo, especialmente adecuadas para la etapa de Bachillerato porque el alumnado dispone de suficiente autonomía para tomar decisiones y responsabilizarse de tareas compartidas, negociar roles y construir conocimiento de forma conjunta. Investigaciones como la de Zambrano et al. (2025) muestran que el trabajo en equipo mejora la comprensión de conceptos científicos y facilita la aplicación del método experimental. Cuando se garantiza una participación equitativa y se negocian los roles de manera explícita, el trabajo colaborativo se convierte en una práctica inclusiva que favorece la argumentación entre iguales, la corresponsabilidad y la construcción compartida de significado científico (Hussein, 2021; López & Guerrero, 2012). Asimismo, la interacción entre iguales contribuye de manera significativa a la explicitación y revisión de las concepciones previas, actuando como un mecanismo capaz de detectar y superar ideas erróneas.

Se ha demostrado que el ABP y el trabajo colaborativo, en conjunto, son estrategias especialmente efectivas para mejorar tanto la comprensión conceptual como las actitudes hacia las ciencias, especialmente cuando se comparan con enfoques transmisivos (Aguilera & Perales, 2020).

Por otro lado, el estudio de enzimas ofrece oportunidades excepcionales para contextualizar el aprendizaje con ejemplos reales de biotecnología sostenible, ampliamente recomendado por la didáctica de las ciencias para favorecer la motivación y la conexión entre la teoría y la práctica (Gil-Pérez et al., 2005; Sanmartí, 2020). Mostrar al alumno aplicaciones actuales permite que relacionen los contenidos bioquímicos con problemas reales y comprendan la utilidad social y tecnológica del conocimiento enzimático ayudando a su vez, a promover actitudes positivas hacia la ciencia (Harlen, 2010).

Este enfoque está plenamente alineado con la normativa vigente. La LOMLOE y el Real Decreto 243/2022 destacan la necesidad de promover metodologías activas, la experimentación, el análisis crítico y la comunicación científica. En Cataluña, el *Decret* 171/2022 establece las situaciones de aprendizaje como eje central de la programación y subraya la importancia de trabajar desde contextos significativos que fomenten la reflexión, la acción y la colaboración

del alumnado. Abordar el estudio de las enzimas desde la dimensión social y ambiental permite abordar competencias vinculadas a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), especialmente en lo relativo a la innovación, sostenibilidad y producción responsable.

Finalmente, aunque la normativa educativa recomienda metodologías activas y competenciales, la literatura muestra que la implementación del ABP y del cooperativo suele ser superficial si no existe una planificación cuidadosa y una estructura de trabajo clara (Sánchez-García & Reyes-de-Cózar, 2025). Por ello, resulta necesario diseñar intervenciones didácticas que integren experimentación, análisis riguroso y trabajo estructurado en equipo, conectando los contenidos enzimáticos con aplicaciones reales y actuales.

Además de la fundamentación teórica expuesta, la presente propuesta se apoya también en una motivación personal vinculada al proceso de formación docente. Durante el período de prácticas, realizado con tres grupos de 3.º de ESO, se observaron dificultades recurrentes en el aprendizaje de Biología. A partir de cuestionarios iniciales y finales, se constató que parte del alumnado percibe la Biología como una materia alejada de su vida cotidiana y con escasa aplicabilidad. Además, los contenidos relacionados con la célula y los procesos microscópicos se identificaron como especialmente abstractos, lo que dificulta la comprensión y favorece estrategias de memorización frente a la construcción del propio significado.

Estas observaciones refuerzan la conveniencia de plantear propuestas metodológicas que acerquen los contenidos a contextos auténticos y faciliten la comprensión de procesos no observables de forma directa. De igual modo, la experiencia profesional previa en investigación permite constatar el papel central de las enzimas en contextos reales y actuales (procesos asociados a levaduras vínicas, sector agroalimentario como nutrición animal, entornos extremos o aplicaciones con organismos de interés biotecnológico como *Tenebrio molitor*), lo que refuerza la necesidad de incorporar ejemplos contextualizados que conecten ciencia escolar y práctica científica.

Por todo lo expuesto, el diseño de la SdA basada en ABP y trabajo colaborativo, que integra experimentación, análisis de datos y aplicaciones biotecnológicas, constituye una respuesta adecuada a las dificultades detectadas y a las exigencias de la legislación vigente, ya que permite al alumnado construir una comprensión profunda y significativa de la actividad

enzimática, conectando la teoría con la práctica y desarrollando competencias científicas esenciales para su formación en Bachillerato.

1.2. Objetivos

En este apartado se presentan los objetivos de este TFM, definiendo tanto la finalidad general de la propuesta como las metas específicas necesarias para el desarrollo y aplicación de la propuesta.

1.2.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es diseñar una situación de aprendizaje, en el contexto de una programación didáctica anual, para trabajar los saberes básicos relacionados con las enzimas en la asignatura de Biología de 2.º de Bachillerato, utilizando metodologías activas como ABP y trabajo colaborativo.

1.2.2. Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo general de este trabajo se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos y el trabajo colaborativo, así como su aplicación en el aula.
- Diseñar una secuencia didáctica, integrada en una programación didáctica anual, para trabajar las competencias específicas de la asignatura de Biología en 2.º de Bachillerato, centrada en el estudio de la actividad enzimática.
- Diseñar instrumentos de evaluación acordes con la secuencia de aprendizaje que permitan valorar la adquisición de competencias por parte del alumnado.
- Diseñar instrumentos y estrategias para evaluar la programación didáctica, la situación de aprendizaje y la labor docente, con la finalidad de mejorar la práctica educativa.

2. Programación didáctica

Para dar respuesta a los objetivos planteados, en este apartado se presenta la programación didáctica de la asignatura de Biología de 2.º de Bachillerato. Esta programación se considera el marco general que organiza de manera secuenciada y pedagógicamente fundamentada los saberes básicos, las competencias, las metodologías y los criterios de evaluación que estructuran el curso académico, en coherencia con el enfoque competencial vigente.

La programación didáctica es una herramienta esencial para el docente. Permite planificar el proceso de la enseñanza-aprendizaje atendiendo a las características del alumnado, a las exigencias curriculares y a los principios del enfoque competencial actual. En la etapa de Bachillerato esta planificación resulta especialmente relevante por el nivel de abstracción de los contenidos y la necesidad de preparar al alumnado para estudios superiores.

Dentro de esta programación anual se integra la SdA "Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas" que se elabora de manera específica en este TFM como ejemplo representativo de la aplicación del currículo mediante metodologías activas. La programación se estructura en diversos apartados que incluyen la presentación general del diseño anual, la contextualización del grupo y del entorno educativo, la concreción curricular, la fundamentación metodológica, la organización de espacios y recursos, la distribución temporal, la atención a la diversidad, los procesos de evaluación y finalmente, la descripción detallada de la SdA seleccionada.

2.1. Presentación de la Programación didáctica

La Programación didáctica propuesta tiene como finalidad favorecer el desarrollo de competencias científicas avanzadas en el alumnado de 2.º de Bachillerato mediante un enfoque competencial que integra conocimientos teóricos, experimentación, análisis de datos y contextualización en problemas reales. La programación anual se considera el marco general que organiza y da coherencia al proceso de enseñanza-aprendizaje a lo largo del curso académico asegurando, una progresión adecuada de los saberes básicos y una evaluación alineada con los objetivos educativos de la etapa.

La programación se ajusta al marco normativo vigente. A nivel estatal, se fundamenta en la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE), modificada por la Ley Orgánica

3/2020, de 29 de diciembre (LOMLOE), que se establece un modelo educativo basado en el desarrollo competencial, la inclusión, la atención a la diversidad y el uso de metodologías activas que promuevan un aprendizaje significativo. En el desarrollo de esta ley, el Real Decreto 243/2022 regula la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato, definiendo los elementos curriculares de la etapa como las competencias clave y específicas, criterios de evaluación y saberes básicos subrayando la importancia de trabajar mediante situaciones de aprendizaje que conecten los contenidos con contextos reales y relevantes para los alumnos.

En el ámbito autonómico, la programación se ajusta al *Decret* 171/2022 el cual establece el currículo de Bachillerato en Cataluña y sitúa las situaciones de aprendizaje como eje central de la práctica docente. Este decreto refuerza el enfoque competencial del currículo y promueve la contextualización de los contenidos, el trabajo colaborativo, la experimentación científica y la comprensión de la ciencia en su dimensión social, ambiental y tecnológica, incorporando además los principios de Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) como garantía de equidad y de inclusión.

Dentro de este marco general, se desarrolla la SdA "Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas", basada en ABP y trabajo colaborativo y cuyo objetivo es profundizar en la comprensión de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas en relación con la sostenibilidad. Esta SdA se integra en el bloque de bioquímica: proteínas, enzimas e inmunología celular, como parte de una programación anual que combina trabajo experimental, razonamiento científico y análisis de contextos reales vinculados a la biotecnología y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En la Tabla 1, se presenta una visión general de la programación anual de la asignatura de Biología de 2.º de Bachillerato, estructurada en función de los bloques de saberes establecidos en el *Decret* 171/2022.

Tabla 1. Programación general de la Unidad Didáctica anual de Biología en 2.º de Bachillerato en función del *Decret* 171/2022.

Bloques de Saberes	Período	Sesiones	Observaciones pedagógicas
A. Organización celular y bases de la vida	Septiembre	10	Evaluación y nivelación inicial. Repaso de la estructura celular, la célula como sistema y su relación con procesos bioquímicos y biomoléculas esenciales como base para bloques posteriores.

Bloques de Saberes	Período	Sesiones	Observaciones pedagógicas
B. Biomoléculas: glúcidos y lípidos	Septiembre Octubre	20	Introducción al metabolismo y la comprensión funcional de los sustratos energéticos. Relación estructura-función y primeras actividades de análisis.
C. Bioquímica: proteínas, enzimas e inmunología celular	Noviembre Diciembre	30	Estudio de las bases moleculares, catálisis, cinética enzimática. Incluye también los primeros conceptos de inmunología celular. Este bloque incluye la SdA "Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas".
D. Metabolismo celular y regulación	Enero	15	Continuidad del trabajo enzimático: rutas metabólicas y regulación homeostática y análisis de procesos integrados.
E. Genética molecular y expresión génica e inmunidad	Febrero Marzo	25	Profundización en la producción de proteínas, regulación génica y fundamentos inmunológicos aplicados. Interpretación de esquemas y resolución de problemas.
F. Biotecnología y aplicaciones biomédicas/ sostenibles	Abril	15	Introducción a aplicaciones biotecnológicas actuales y sostenibles, conectando los conocimientos moleculares con su uso en ciencia, salud y sociedad.
G. Evolución y diversidad biológica	Mayo	15	Integración global de los contenidos: biodiversidad, adaptaciones y visión evolutiva de los procesos biológicos.
H. Integración de saberes y preparación PAU	Mayo Junio	10	Repaso competencial, síntesis de contenidos y resolución integrada de problemas.

Fuente: elaboración propia a partir del *Decret* 171/2022 (bloques de saberes organizados con código alfabético en la presente programación).

La secuenciación temporal planteada en la programación didáctica responde tanto a la lógica curricular del *Decret* 171/2022 como a la organización de los contenidos en los materiales didácticos habituales del aula.

En concreto, el estudio de enzimas se sitúa dentro del bloque de bioquímica, una vez trabajados previamente los contenidos relacionados con biomoléculas. Esta decisión responde a la necesidad de que el alumnado disponga de una base conceptual previa sobre la estructura de proteínas, imprescindible para comprender el funcionamiento de las enzimas como biocatalizadores.

La organización coincide con la estructura del libro de texto de Biología de 2.º de Bachillerato, donde el estudio de las enzimas se ubica tras el bloque de biomoléculas y antes del desarrollo del metabolismo celular (Santillana Educación, 2023). De este modo, se garantiza la progresión coherente desde el conocimiento estructural hacia el funcional.

En este contexto, la SdA "Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas" se sitúa en un momento clave del proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que permite consolidar los conocimientos previos.

2.2. Contextualización

Para poder comprender adecuadamente el marco educativo en el que se desarrolla la programación didáctica y la SdA propuesta, es necesario contextualizarla adecuadamente atendiendo al contexto de la asignatura, a las características generales del centro educativo y a las particularidades del grupo de estudiantes destinatarios. Esta contextualización permite comprender las decisiones didácticas adoptadas y valorar como se adecúa esta propuesta al entorno real en el que se aplicará.

2.2.1. Contexto de la asignatura

La asignatura de Biología de 2.º de Bachillerato se integra en el departamento de Ciencias del centro y ocupa un lugar central en la modalidad de Ciencias y Tecnología. Se trata de una materia de carácter troncal que profundiza en el estudio de los procesos biológicos a nivel molecular y celular y constituye una base imprescindible para el acceso a estudios universitarios vinculados a las ciencias de la salud, la biología, la biotecnología, farmacia o áreas similares.

En esta etapa la Biología adquiere un carácter preuniversitario. La asignatura no solo exige la asimilación de contenidos teóricos complejos sino también el desarrollo de competencias científicas avanzadas como por ejemplo la interpretación de modelos biológicos abstractos, el análisis de datos experimentales, el razonamiento científico y la comunicación rigurosa de las conclusiones. Contenidos como la bioquímica, la actividad enzimática y el metabolismo presentan una complejidad significativa y requieren una programación didáctica que se diseñe cuidadosamente para que combine el rigor teórico con estrategias metodológicas que faciliten su comprensión.

2.2.2. Contexto del centro educativo

El centro educativo donde se diseña esta programación didáctica es un centro concertado situado en un entorno urbano que imparte Bachillerato en la modalidad de Ciencias y que se caracteriza por una orientación hacia la excelencia académica y la preparación del alumnado

para estudios universitarios. El proyecto educativo (PE) apuesta por una formación exigente y personalizada, orientada al desarrollo integral del alumnado, la autonomía personal y el pensamiento crítico.

Para el centro, la etapa de Bachillerato es clave en la trayectoria académica del estudiante, por lo que prioriza el acompañamiento cercano, el seguimiento individualizado y la mejora continua de la práctica docente. Es por lo que en Bachillerato se organizan en grupos reducidos, lo que permite una atención más personalizada y un trabajo más profundo de los contenidos, especialmente importante en las materias de ciencias.

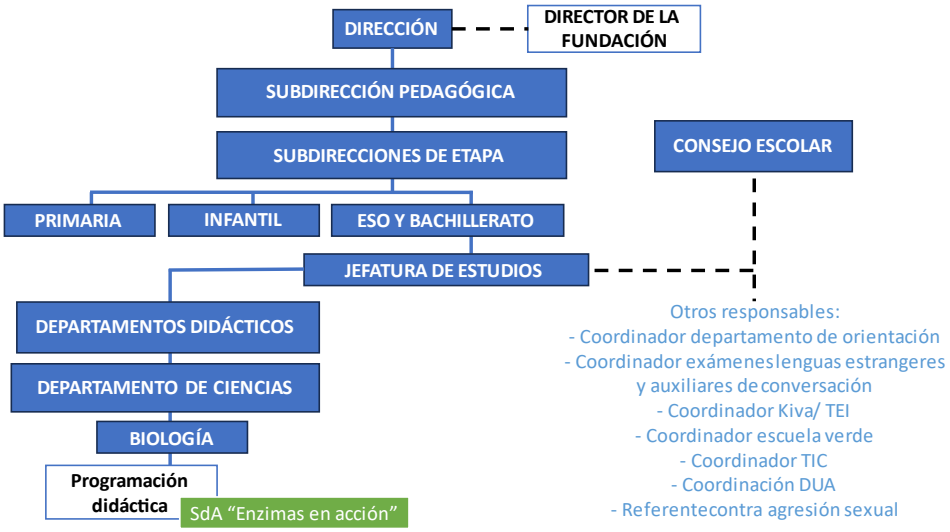
En cuanto a la organización del centro (Figura 1), el equipo directivo es responsable del liderazgo pedagógico y de la mejora continua, es el encargado de impulsar el plan estratégico del colegio. El equipo se estructura en una dirección general, subdirección pedagógica y subdirecciones específicas por etapas educativas. Cada subdirección de etapa trabaja de forma coordinada con su equipo pedagógico correspondiente integrado por jefaturas de estudios y coordinaciones de curso con el objetivo de adaptar el proyecto educativo a la realidad concreta del alumnado y garantizar su atención personalizada tanto a nivel de grupo como individual.

En las etapas de la ESO y Bachillerato, estos equipos pedagógicos se complementan con comisiones y equipos específicos vinculados a la innovación educativa, la difusión de la lengua y la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje, así como el departamento de Orientación, que da soporte al profesorado y al alumnado en aspectos académicos, personales y vocacionales. La acción tutorial personalizada constituye un rasgo distintivo del centro y se entiende como un elemento clave del proceso educativo, orientado al acompañamiento del alumno en su desarrollo académico y personal.

Respecto a la atención a la diversidad, el centro dispone de una estructura de apoyo pedagógico orientada a la aplicación de los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), coordinada en estrecha relación con el Departamento de Orientación y los equipos pedagógicos de etapa. Esta estructura tiene como finalidad asesorar al profesorado en el diseño de propuestas didácticas inclusivas, anticipar posibles barreras de aprendizaje y favorecer la participación y el progreso de todo el alumnado.

En cuanto a los recursos, el centro dispone de infraestructuras adecuadas para la enseñanza de las ciencias, entre las que destacan laboratorios equipados para la realización de prácticas experimentales, aulas con recursos digitales y acceso a herramientas TIC que facilitan el trabajo con metodologías activas.

Figura 1. Organigrama del centro educativo donde se implementará la programación didáctica.



Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Aula y características del alumnado

La programación didáctica se dirige al grupo de 2.º de Bachillerato de la modalidad de Ciencias, con una ratio de 20 estudiantes, lo que favorece una atención más personalizada y un seguimiento cercano del proceso de aprendizaje. La mayoría del grupo muestra una clara orientación hacia estudios universitarios de ámbito científico, sanitario o tecnológico, lo que se traduce en un alto grado de exigencia académica y también en una predisposición general positiva hacia la materia de Biología.

El nivel académico del grupo es heterogéneo. Mientras parte del alumnado muestra un lenguaje científico adecuado y buena capacidad para interpretar modelos abstractos y razonamientos complejos, otros estudiantes tienen mayores dificultades en contenidos con un alto nivel de abstracción, especialmente en contenidos de bioquímica, metabolismo y actividad enzimática. Estas dificultades se manifiestan mayoritariamente en la interpretación de esquemas moleculares, de análisis gráficos y en la aplicación de conceptos teóricos en situaciones prácticas.

La forma en la que los alumnos abordan las tareas académicas difiere en cuanto a ritmos y estilos de aprendizaje. Algunos estudiantes trabajan de manera autónoma y por el contrario, otros requieren mayor estructuración del trabajo, más apoyo en la planificación de las tareas y pautas claras que les permitan agilizar el análisis y la síntesis de la información. Esta diversidad justifica la necesidad de diseñar propuestas didácticas que ofrezcan diferentes formas de acceso a la información, variadas opciones de expresión del aprendizaje y apoyos progresivos, en coherencia con los principios DUA.

En el aula se identifican varios casos que requieren atención específica de apoyo educativo (NEAE). Por un lado, un alumno presenta un Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) lo que se traduce en dificultades para mantener la atención sostenida, organizar el trabajo y gestionar tareas complejas de larga duración. Por otro lado, se cuenta con un estudiante diagnosticado de epilepsia, correctamente controlada, que no presenta afectación cognitiva, pero para el cual es necesario tener medidas de prevención y un entorno de aprendizaje seguro. En ambos casos la respuesta educativa no implica grandes ajustes metodológicos.

Finalmente, destacar que las relaciones interpersonales dentro del grupo por lo general son positivas y se observa una buena predisposición para trabajar en equipo.

2.3. Elementos curriculares

La programación didáctica se ha diseñado teniendo en cuenta los elementos curriculares establecidos en el *Decret* 171/2022, que regula el currículo de Bachillerato en Cataluña. Estos elementos incluyen los objetivos generales de etapa, las competencias clave y específicas de la asignatura de Biología, los saberes básicos, así como los criterios de evaluación.

2.3.1. Objetivos de etapa

La programación didáctica anual contribuye al desarrollo de un conjunto amplio de objetivos de etapa, conforme a lo establecido en el artículo 7 del RD 243/2022 y en el artículo 5 del *Decret* 171/2022 (Anexo A). Estos objetivos se trabajan de forma global a lo largo del curso mediante diferentes bloques de contenidos, metodologías activas y situaciones de aprendizaje, favoreciendo el desarrollo progresivo de competencias en los alumnos.

La programación didáctica aborda los objetivos de etapa de forma transversal, a través de actividades de análisis, resolución de problemas, trabajo experimental, uso de herramientas digitales y comunicación científica, permitiendo desarrollar tanto conocimientos conceptuales como habilidades de pensamiento científico.

Dentro de este marco general, la SdA "Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas" contribuye de manera específica al desarrollo de una selección de objetivos de etapa que se detallan a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Objetivos generales de etapa de Bachillerato trabajados en la SdA "Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas".

Objetivo de etapa	Descripción	Aplicación en la SdA
d	Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina en el ámbito académico	Planificación del proyecto y trabajo continuado en ABP
e	Dominar la expresión oral y escrita en contextos académicos	Elaboración de informes científicos y exposiciones
g	Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías digitales	Búsqueda de información científica y análisis de datos
i	Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales	Bioquímica: enzimas y metabolismo
j	Comprender el método científico y los procedimientos de investigación	Diseño experimental y análisis de resultados
o	Fomentar una actitud responsable ante el cambio climático y la sostenibilidad	Aplicaciones biotecnológicas de las enzimas y ODS

Fuente: elaboración propia a partir del RD 243/2022 y el *Decret* 171/2022.

2.3.2. Objetivos didácticos

A partir de los objetivos de la etapa de Bachillerato y los elementos curriculares establecidos para Biología, los objetivos didácticos (OD) que se pretenden alcanzar mediante la SdA "Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas" son los siguientes:

- **OD1.** Comprender la estructura y la función de las enzimas relacionando su conformación tridimensional con su actividad específica.
- **OD2.** Analizar los factores que pueden influir en la actividad enzimática (concentración de sustrato, pH y temperatura).

- **OD3.** Argumentar de forma crítica y tomar decisiones de manera responsable aplicando el método científico.
- **OD4.** Interpretar gráficas, tablas y distintos modelos de representación.
- **OD5.** Aplicar el conocimiento sobre la actividad enzimática a contextos reales relacionados con la biotecnología y la sostenibilidad.
- **OD6.** Comunicar clara y rigurosamente los resultados del trabajo experimental, utilizando un lenguaje científico adecuado y trabajando de forma colaborativa.

2.3.3. Competencias

En este apartado se concretan las competencias que orientan la programación anual y se especifican aquellas que se trabajan de forma prioritaria en la SdA "Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas", en coherencia con el enfoque competencial de currículo y con los criterios de evaluación asociados.

2.3.3.1. Competencias clave y específicas

A continuación, se recogen las competencias clave del Bachillerato implicadas en la programación y su relación con las competencias específicas de la asignatura de Biología establecidas en el currículo, ya que estas últimas articulan los criterios de evaluación y saberes básicos a través de las situaciones de aprendizaje.

Tanto el *Decret* 171/2022 como el RD 243/2022 establecen las mismas ocho competencias clave para el Bachillerato: CCL, CP, CMCCTE, CD, CPSAA, CC, CE y CCEC (Anexo B), que se concretan mediante descriptores operativos al final de etapa.

En la programación didáctica anual se trabajan de forma integrada y transversal las ocho competencias clave, mediante el desarrollo de los distintos bloques de saberes y las actividades propuestas a lo largo del curso.

La competencia en comunicación lingüística (CCL) se desarrolla mediante la interpretación de textos científicos, la elaboración de informes y la comunicación oral de resultados. La competencia plurilingüe (CP) se trabaja a través del uso de terminología científica y la comprensión de textos en lengua extranjera cuando procede. La competencia matemática y en ciencia, tecnología e ingeniería (CMCCTE) se aborda mediante el análisis de datos, la interpretación de gráficas, el razonamiento científico y la experimentación.

La competencia digital (CD) se desarrolla mediante el uso de herramientas digitales para la búsqueda de información, el tratamiento de datos y la elaboración de productos científicos. La competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA) se fomenta a través de trabajo autónomo, la autorregulación y la reflexión sobre el aprendizaje. La competencia ciudadana (CC) se trabaja mediante la contextualización de los contenidos en problemáticas sociales y ambientales.

La competencia emprendedora (CE) se desarrolla a través del planteamiento de problemas, la toma de decisiones y la gestión de proyectos, mientras que la competencia en conciencia y expresión culturales (CCEC) se aborda de forma transversal mediante la comunicación del conocimiento científico y la valoración del papel de la ciencia en la sociedad.

En esta situación de aprendizaje se priorizan seis competencias clave por su vinculación directa con el trabajo experimental, el análisis de datos y la comunicación científica: CCL, CMCCTE (STEM), CD, CPSAA, CC y CE. Las competencias clave CP y CCEC, aunque no se trabajan de manera prioritaria en esta SdA, están presentes de forma secundaria, especialmente en el uso de terminología científica y en la comunicación del conocimiento.

En cuanto a las competencias específicas, la materia de Biología establece seis competencias, que se evalúan mediante los criterios de evaluación del curso y movilizan los saberes básicos seleccionados. De forma específica, la SdA “Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas” moviliza las seis competencias, con especial énfasis la:

- Competencia 1, por la interpretación de gráficas y la comunicación científica en formatos diversos.
- Competencia 2, por la selección y contraste de información científica y elaboración de contenidos.
- Competencia 3, por el diseño experimental, la toma de datos y el análisis crítico de resultados.
- Competencia 4, por el planteamiento y resolución de problemas asociados a la actividad enzimática.
- Competencia 5, por la vinculación a la sostenibilidad y toma de postura argumentada sobre hábitos e impacto.

- Competencia 6, por la integración de procesos bioquímicos (biomoléculas-metabolismo) para explicar la complejidad de la vida.

La relación entre las competencias específicas de la materia y las competencias clave de Bachillerato en el contexto de la SdA se recoge en la Tabla 3. Esta relación evidencia que la SdA no se centra únicamente en el aprendizaje de contenidos sobre enzimas, sino también en el desarrollo de competencias vinculadas al análisis de información científica, el razonamiento experimental, la comunicación de resultados y la aplicación del conocimiento en contextos reales, lo que refleja la coherencia competencial y la alineación con el currículo de etapa.

Tabla 3. Relación entre competencias específicas y competencias clave (SdA "Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas").

Relación entre las competencias específicas de biología (CE.BG.) y las competencias clave		CCL	CP	CMCCTE	CD	CPSAA	CC	CE	CCEC
CE.BG. 1	Interpretar y comunicar información científica (datos, gráficos, informes) y argumentar con rigor.	✓		✓	✓				
CE.BG. 2	Buscar, seleccionar y evaluar críticamente información científica, contrastando su fiabilidad, para resolver preguntas y crear contenidos.	✓		✓	✓	✓			
CE.BG. 3	Diseñar y desarrollar investigaciones escolares y analizar críticamente resultados para valorar la fiabilidad de conclusiones.	✓		✓	✓	✓		✓	
CE.BG. 4	Aplicar razonamiento científico para plantear y resolver problemas, analizando soluciones y revisando el procedimiento si es necesario.			✓	✓	✓		✓	
CE.BG. 5	Analizar impactos ambientales y proponer acciones sostenibles, basadas en evidencias, promoviendo hábitos compatibles con el desarrollo sostenible.	✓		✓			✓	✓	
CE.BG. 6	Integrar procesos biológicos clave (biomoléculas, metabolismo, energía…) para explicar la complejidad de la vida.	✓		✓					

Fuente: elaboración propia a partir del RD 243/2022 y el *Decret* 171/2022.

2.3.3.2. Competencias transversales

Además de las competencias clave y específicas comentadas anteriormente, la SdA incorpora elementos de carácter transversal, en coherencia con los principios pedagógicos del Bachillerato establecidos en el decreto autonómico y con el enfoque competencial del currículo.

En esta SdA se trabajan de manera integrada la comprensión lectora en contexto científico, la comunicación oral y escrita, la alfabetización digital, el pensamiento crítico, el trabajo colaborativo y la sostenibilidad (ODS), integrados a través de tareas de análisis de fuentes, práctica experimental, interpretación de datos y gráficas y elaboración del producto final.

2.3.4. Saberes básicos

En este apartado se describen los saberes básicos que se abordan a lo largo de la programación anual y se concretan aquellos que se trabajan de forma prioritaria en la SdA "Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas", garantizando la coherencia entre contenidos, competencias específicas, criterios de evaluación y actividades de aprendizaje.

2.3.4.1. Saberes básicos de la programación anual

De acuerdo con el currículo de Biología de 2.º de Bachillerato, los saberes se organizan por bloques (Tabla 1). En la presente programación didáctica, estos bloques se estructuran alfabéticamente para facilitar su organización y referencia.

A lo largo del curso se trabajan los bloques: A. Organización celular y bases de la vida, B. Biomoléculas, C. Las biomoléculas y el metabolismo, D. Genética y ciclo celular, E. Los microorganismos y las formas acelulares, F. Inmunología, G. Biotecnología y H. Evolución, cuyo desarrollo se recoge de forma detallada en el Anexo C.

Dado que este TFM desarrolla una SdA centrada en enzimas, el núcleo de saberes que se moviliza con mayor intensidad procede del bloque "Las biomoléculas y el metabolismo", estableciendo conexiones directas con el bloque de "Biotecnología" (aplicaciones y relevancia social y tecnológica).

2.3.4.2. Saberes básicos trabajados en la SdA

En la SdA se priorizan los siguientes saberes básicos del currículo de 2.º de Bachillerato:

- Biomoléculas y metabolismo: identificación y clasificación de biomoléculas según su estructura, función, como base para comprender procesos bioquímicos.
- Metabolismo: concepto de metabolismo y comparación entre anabolismo y catabolismo, como marco para interpretar la función catalítica en el procesamiento de materia y energía.
- Proteínas y enzimas: relación entre características químicas, estructura y función biológica de las proteínas, destacando la importancia del papel biocatalizador (enzimas) en los sistemas vivos.
- Aplicaciones biotecnológicas: argumentación de la importancia de la biotecnología y sus aplicaciones en diversos ámbitos, lo que permite contextualizar el conocimiento enzimático con ejemplos reales y sostenibles.

Estos saberes se trabajan de forma integrada: no se presentan como temas aislados, sino que se movilizan en tareas que implican interpretación de información, experimentación, análisis de datos y comunicación científica, de acuerdo con el enfoque competencial.

La Tabla 4 muestra la relación entre los diferentes elementos curriculares que se integran en la SdA, concretando cómo los saberes básicos se conectan con las competencias específicas, los criterios de evaluación y los indicadores de logro.

En particular, se observa una clara vinculación entre los contenidos de bioquímica (proteínas, metabolismo y actividad enzimática) y las competencias relacionadas con el análisis de información científica, el diseño experimental, la argumentación y la comunicación de resultados. Así, la tabla evidencia la integración de competencias clave, especialmente del ámbito STEM, lingüístico y digital, así como su conexión con los objetivos generales de etapa.

De este modo, se refleja un diseño curricular coherente, alineado con el enfoque competencial y orientado al desarrollo de un aprendizaje significativo y aplicado en contextos reales.

Tabla 4. Relación de elementos curriculares de la SdA.

BIOLOGÍA, 2.º BACHILLERATO					
Estudio de la actividad enzimática mediante aprendizaje basado en proyectos.					
SABERES BÁSICOS	**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**	**CRITERIOS EVALUACIÓN**	**INDICADORES DE LOGRO**	**DESCRIPTORES OPERATIVOS/ CC**	**OBJETIVOS GENERALES DE ETAPA**
Proteínas: relación estructura-función, papel biocatalizador (enzimas).	CE.BG.6	CE.BG.6.1	1) Relaciona estructura proteica y función enzimática. 2) Explica el modelo enzima-sustrato con terminología científica.	STEM2, STEM4 CCL2	i) j)
Metabolismo: procesamiento de materia/ energía; papel de la catálisis.	CE.BG.6	CE.BG.6.3	1) Justifica la necesidad de la catálisis para mantener la vida. 2) Conecta el proceso con obtención/ uso de energía.	STEM2, STEM5 CC4	i) j) o)
Actividad enzimática: interpretación de gráficos/ tablas (pH, Tª, [S]).	CE.BG.1	CE.BG.1.1	1) Interpreta gráficos (tendencias/ variables). 2) Extrae conclusiones coherentes con los datos.	STEM4 CCL	e) i) j)
Comunicación científica: informe/ póster/ *pitch* con rigor y formato adecuado.	CE.BG.1	CE.BG.1.2	1) Presenta resultados de forma clara y rigurosa. 2) Emplea el formato apropiado.	CCL1, CCL3 CD2	e) g)
Argumentación científica: conclusiones y límites del experimento.	CE.BG.1	CE.BG.1.3	1) Defiende conclusiones con evidencias. 2) Identifica limitaciones y evita afirmaciones no sustentadas.	CCL CPSAA4	e) j)

BIOLOGÍA, 2.º BACHILLERATO					
Estudio de la actividad enzimática mediante aprendizaje basado en proyectos.					
SABERES BÁSICOS	**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**	**CRITERIOS EVALUACIÓN**	**INDICADORES DE LOGRO**	**DESCRIPTORES OPERATIVOS/ CC**	**OBJETIVOS GENERALES DE ETAPA**
Búsqueda/ contraste de fuentes fiables sobre aplicaciones enzimáticas.	CE.BG.2	CE.BG.2.1 CE.BG.2.2	1) Selecciona y cita fuentes adecuadas. 2) Justifica fiabilidad y descarta desinformación o pseudociencia.	CCL3 CD1 CPSAA4	g) j)
Diseño experimental: variables, controles, instrumentos; protocolo replicable.	CE.BG.3	CE.BG.3.3	1) Define variable dependiente e independiente y controles. 2) Redacta un procedimiento replicable y coherente con la hipótesis.	STEM2, STEM3 CE3	j) d)
Ejecución experimental y toma de datos con precisión y seguridad.	CE.BG.3 CE.BG.6	CE.BG.3.4 CE.BG.6.2	1) Registra datos de forma ordenada y precisa. 2) Aplica técnica con corrección y normas de seguridad.	STEM2 CD4 CPSAA3.2	j) d)
Análisis e interpretación de resultados.	CE.BG.3	CE.BG.3.5	1) Representa resultados en una gráfica (si procede, digital). 2) Interpreta tendencias y reconoce limitaciones.	STEM4 CD2 CPSAA4	g) j)
Trabajo colaborativo: funciones iniciales dentro del grupo, corresponsabilidad y coevaluación.	CE.BG.3	CE.BG.3.6	1) Cumple rol y contribuye al equipo. 2) Participa en decisiones y coevalúa con criterios.	CPSAA3.2 CD3 CE2	d)
Sostenibilidad/ biotecnología: justificación de aplicación y decisión responsable (ODS).	CE.BG.5	CE.BG.5.1 CE.BG.5.2	1) Justifica una aplicación enzimática sostenible. 2) Propone una medida o decisión responsable basada en evidencias.	CC4 STEM5 CE1	o)

Fuente: elaboración propia a partir del RD 243/2022 y el *Decret* 171/2022.

2.4. Metodología

La programación didáctica se fundamenta en un enfoque metodológico activo y competencial, acorde con el *Decret* 171/2022 en el que el alumno asume un papel protagonista en su propio proceso de aprendizaje. En este marco, la SdA "Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas" se desarrolla mediante ABP en combinación con trabajo colaborativo y experimentación científica.

El ABP se articula a partir de un reto significativo que da sentido al conjunto de la propuesta y permite situar al alumnado ante una SdA contextualizada y cercana a la práctica científica real. Esta metodología favorece la construcción activa del conocimiento, la integración entre teoría y práctica y el desarrollo de habilidades de orden superior como el análisis, la resolución de problemas y la comunicación de resultados (Hornejas et al., 2024; Couto, 2025). Su eficacia depende de una secuenciación cuidadosa, una estructura clara de tareas y un acompañamiento docente continuado, especialmente en etapas con alta exigencia académica como Bachillerato (Sánchez-García y Reyes-de-Cózar, 2025).

En esta SdA, la pregunta guía de la que parte el proyecto es: *¿Cómo se podría optimizar el funcionamiento de una enzima para su aplicación en un contexto biotecnológico real?*

Con el fin de facilitar la comprensión global del proyecto, el alumnado dispone desde el inicio de una guía visual en la que se recogen la pregunta guía, las fases del trabajo, el producto final y las principales tareas a desarrollar a lo largo de la SdA (Anexo D).

A partir de esta cuestión, el alumnado organiza su trabajo como un proceso de investigación científica, desarrollando progresivamente las diferentes fases del método científico, desde la formulación de la hipótesis hasta la comunicación de resultados. Por ello, las actividades no deben entenderse como tareas aisladas, sino como partes interrelacionadas de un proyecto común que culmina en un congreso científico escolar.

Este enfoque no implica un entorno de libertad total, sino un proceso de autonomía guiada progresiva. El docente establece un marco estructurado que garantiza la coherencia del proyecto, la viabilidad de las actividades y el logro de los objetivos de aprendizaje por parte del alumnado, mientras que el alumnado toma decisiones dentro de ese marco,

especialmente en el diseño experimental, el análisis de resultados y la elaboración de conclusiones. Este equilibrio resulta especialmente adecuado en la etapa de Bachillerato, donde es necesario combinar el enfoque competencial con la preparación académica del alumnado.

En relación con el trabajo en grupo, la propuesta se apoya en dinámicas colaborativas, ya que el alumnado de 2.º de Bachillerato dispone de un nivel de autonomía suficiente para debatir, justificar decisiones, distribuir tareas de forma flexible y construir conocimiento de manera conjunta. La literatura destaca que el trabajo colaborativo favorece la argumentación entre iguales, la corresponsabilidad y la reflexión compartida, especialmente en contextos científicos en los que resulta necesario contrastar hipótesis, interpretar resultados y revisar ideas previas (Hussein, 2021; López y Guerrero, 2012).

La metodología combina momentos de explicación guiada con actividades aplicadas, de análisis e interpretación. Las exposiciones teóricas se plantean de forma breve y focalizada, proporcionando los conocimientos necesarios para avanzar en el proyecto sin recurrir a un enfoque excesivamente transmisivo. En este aspecto, los contenidos se seleccionan y organizan en función de su utilidad para la comprensión de la actividad enzimática.

En cuanto a los saberes básicos, la propuesta prioriza aquellos contenidos que permiten una comprensión funcional, como la relación entre estructura y función de las proteínas, los modelos de interacción enzima y sustrato y los factores que afectan la actividad enzimática (pH, temperatura y concentración de sustrato). Otros contenidos de mayor complejidad, como la cinética enzimática o los mecanismos de regulación, se abordan de forma introductoria o se trabajan de manera complementaria dentro del desarrollo global de la programación. Esta selección responde a los criterios de viabilidad didáctica y coherencia con el enfoque competencial, garantizando al mismo tiempo la preparación para la resolución de problemas similares a los evaluados en la PAU.

La experimentación es un eje central de la propuesta. El laboratorio no se plantea como una actividad aislada, sino como un bloque experimental integrado en el proyecto, que se organiza en una sesión doble para favorecer la obtención de datos fiables, la repetición de medidas y la comprensión del proceso científico. Este planteamiento permite aproximar la práctica escolar al trabajo científico real y favorece la implicación activa de los estudiantes.

La selección de las enzimas utilizadas en la SdA (catalasa, amilasa, lactasa y ureasa) responde a criterios didácticos y prácticos. Se trata de enzimas accesibles en el laboratorio escolar que permiten obtener resultados observables en un tiempo limitado y que presentan diferentes condiciones de funcionamiento. Esto facilita la comparación entre grupos y el análisis de la actividad enzimática desde una perspectiva experimental. La elección permite establecer conexiones con contextos reales, como la industria alimentaria o la nutrición.

En la fase final del proyecto, los alumnos elaboran un póster científico en el que sintetizan el trabajo realizado y que posteriormente defienden oralmente en un congreso científico escolar. Como ocurre en los congresos científicos reales, antes de esa defensa cada equipo redacta un *abstract* breve que es revisado previamente por el profesorado. Para apoyar esta fase de síntesis y revisión previa, el alumnado dispone de una plantilla específica de *abstract* y de una lista de cotejo de aceptación que orientan la redacción y la mejora del texto antes del congreso científico escolar (Anexo H). Este proceso favorece la organización de la información, la síntesis de resultados y la justificación de conclusiones, al tiempo que refuerza la comunicación científica. Los pósteres se exponen previamente en el centro educativo, para que puedan ser observados antes del congreso, facilitando la formulación de preguntas, la comparación entre trabajos y una participación más activa en la sesión final.

El papel del profesor se orienta hacia la guía y el acompañamiento del proceso. El profesorado organiza las actividades, proporciona apoyo conceptual cuando es necesario, orienta el trabajo experimental y ofrece retroalimentación continua. De este modo, se construye el conocimiento a partir de la experiencia y la reflexión.

La metodología propuesta permite integrar la comprensión de nuevos conceptos, la experimentación y la aplicación del conocimiento en contextos reales, favoreciendo un aprendizaje significativo, funcional y ajustado a las exigencias de la etapa del Bachillerato.

2.5. Organización de los espacios de aprendizaje

La organización de los espacios de aprendizaje de esta programación se plantea de manera flexible y coherente con el enfoque metodológico basado en ABP, de modo que cada entorno responde a las necesidades específicas de las diferentes fases del proyecto.

La mayor parte de las sesiones se desarrollan en el aula ordinaria, se trata de un espacio polivalente que permite tanto el trabajo expositivo como el trabajo en grupo. En este

contexto, el aula se organiza de forma dinámica, favoreciendo la disposición del alumnado en grupos de trabajo que faciliten la interacción, la discusión y la toma de decisiones compartidas. Este planteamiento resulta adecuado para las fases iniciales del proyecto, en las que se introducen los contenidos, se analizan datos y se diseñan los experimentos. El laboratorio toma un papel central en la propuesta, ya que constituye el espacio clave para el desarrollo del bloque experimental. En este entorno, los estudiantes pueden llevar a cabo las prácticas diseñadas, manipular materiales y obtener datos de forma directa. La organización del laboratorio se orienta a garantizar la seguridad, el uso responsable del material y el trabajo colaborativo, estructurando el espacio en puestos de trabajo que permitan a los grupos desarrollar su investigación de manera autónoma bajo la supervisión del docente.

Asimismo, se contempla el uso de herramientas digitales como apoyo al proceso de aprendizaje, principalmente en el aula, mediante el uso de ordenadores o dispositivos móviles para la elaboración de gráficas, el análisis de resultados y el diseño del póster científico. Este uso contribuye a desarrollar la competencia digital y a facilitar la representación y comunicación de la información científica.

En la fase final de proyecto, los espacios del centro educativo adquieren un papel relevante en la difusión del trabajo realizado. Los pósteres elaborados por el alumnado se exponen en zonas comunes del centro, como pasillos o espacios en tránsito, lo que favorece su visibilidad, permite la observación previa de los trabajos y contribuye a generar un contexto de comunicación científica más amplio.

Por último, el aula vuelve a ser el espacio de referencia para la realización del congreso científico escolar, donde se presentan y defienden los trabajos. En este caso, el aula se organiza para favorecer la exposición oral y la interacción entre los grupos, permitiendo simular un contexto de comunicación científica real.

En resumen, la organización de los espacios responde a criterios de funcionalidad, flexibilidad y coherencia metodológica, incentivando la participación activa de los alumnos y el desarrollo de experiencias de aprendizaje significativas.

2.6. Distribución del tiempo

La SdA se desarrolla a lo largo de nueve sesiones didácticas, integradas dentro del bloque de bioquímica que corresponde al estudio de proteínas y enzimas, durante el primer trimestre

del curso académico. La secuenciación propuesta responde a la organización progresiva que permite al alumnado avanzar desde la comprensión conceptual hasta la aplicación y comunicación del conocimiento.

Dado que la asignatura de Biología en 2.º de Bachillerato dispone de cuatro horas lectivas semanales, la distribución temporal de la SdA se organiza en tres semanas, distribuyendo las actividades en los diferentes periodos de clase de forma realista y equilibrada. Esta temporalización permite respetar el ritmo del grupo, mantener la coherencia del proyecto y garantizar el tiempo necesario para cada una de sus fases: introducción, comprensión de contenidos, diseño experimental, experimentación, análisis de resultados, aplicación a contextos reales y comunicación científica final.

Cabe destacar que la fase experimental se organiza como un bloque específico dentro del proyecto, mediante una sesión doble en el laboratorio. Esto permite llevar a cabo el experimento con mayor rigor, repetir medidas cuando sea necesario y obtener datos más fiables, aproximando la experiencia educativa al trabajo científico real, favoreciendo una experimentación más significativa.

Además, algunas tareas se contemplan fuera del aula como parte del trabajo autónomo del alumnado. En concreto, el envío del *abstract* previo se realiza entre las sesiones 6 y 7, y parte de la elaboración del póster científico se termina fuera del horario lectivo. Esta combinación de trabajo presencial y autónomo permite optimizar el tiempo de aula sin perder coherencia metodológica.

En la tabla 5 se detalla la distribución temporal de la SdA en función de las cuatro horas lectivas semanales de la asignatura, mostrando una secuenciación progresiva y realista de la SdA. En ella se puede observar cómo las primeras sesiones se destinan a la activación de conocimientos previos y a la comprensión de los fundamentos teóricos, mientras que la segunda semana concentra el bloque experimental y el análisis inicial de resultados. Finalmente, la tercera semana se orienta a la aplicación del conocimiento en contextos reales y a la elaboración y defensa del producto final. Esta organización permite equilibrar el desarrollo conceptual, experimental y comunicativo de la propuesta, integrando además momentos de trabajo autónomo, como la redacción del *abstract* y la finalización del póster científico.

Tabla 5. Cronograma de la SdA

Actividad de la SdA	Semana 1				Semana 2					Semana 3		
	S1	S2	S3	S4	S5a	S5b	S6	TA	S7	S8	TA	S9
Planteamiento del reto												
Funcionamiento enzimático												
Análisis de gráficas												
Diseño experimental												
Desarrollo experimental												
Análisis de resultados												
Elaboración del *abstract*												
Aplicación a contextos reales												
Elaboración del póster científico												
Preparación de la defensa oral												
Congreso científico escolar												

Nota. Cada sesión presencial (S) corresponde a un período lectivo de 55 minutos. El trabajo autónomo (TA) se realiza fuera del aula y no computa como sesión lectiva. Fuente: elaboración propia.

2.7. Selección y organización de los recursos y materiales

La selección y organización de los recursos se ha planificado teniendo en cuenta los criterios de viabilidad de un laboratorio escolar, seguridad, ajuste temporal y coherencia con el enfoque ABP. En este sentido, se priorizan materiales accesibles y actividades que generen evidencias claras (datos, gráficas, conclusiones y producto final) sin necesidad de depender de instrumentación avanzada.

Para garantizar la aplicabilidad de la propuesta, los recursos se organizan en cuatro bloques, que se detallan a continuación:

2.7.1. Materiales de aula y comunicación científica

En las sesiones de aula (S1 – S4, S6 – S9), se utilizan recursos orientados a la comprensión conceptual, el análisis de información científica y la elaboración del producto final.

- Materiales para el aula

  - Pizarra digital y/o proyector y ordenador del aula.

  - Fichas digitales o en papel (interpretación de gráficas, análisis de casos, diseño experimental).

  - Cuaderno o portafolio del proyecto (individual y/o por equipo).

- Materiales para el congreso científico

  - Plantilla de póster científico (A3 o A4 ampliado).

  - Cartulinas o soporte para exposición en pasillos.

  - Etiquetas identificativas (título, grupo, enzima, variable estudiada)

  - Programa del congreso y libro de *abstracts* (compilación breve de resúmenes aceptados).

Para facilitar la organización, sería recomendable disponer de una carpeta compartida por equipo con el diseño experimental, los datos, las gráficas, el *abstract*, el póster y las rúbricas.

2.7.2. Recursos de laboratorio

La fase experimental se articula como un bloque específico del proyecto, organizado en sesión doble. Por ello, los recursos de laboratorio se planifican con antelación para minimizar tiempos muertos y garantizar seguridad.

- Material común de laboratorio

  - Tubos de ensayo, vasos de precipitados, pipetas o cuentagotas.

  - Probetas o jeringas graduadas para medir volumen.

  - Termómetro, cronómetro.

  - Gradillas, bandejas y rotuladores permanentes para identificar.

  - Material de limpieza: papel absorbente, agua, contenedor de residuos.

- Material de seguridad

  - Bata, guantes y gafas de seguridad.

  - Normas de laboratorio visibles (cartel) y recordatorio oral al inicio.

  - Revisión previa de riesgos y de manipulación segura de reactivos.

- Reactivos y materiales específicos por enzima

  A continuación, se describen ejemplos de recursos típicos para cada enzima, dejando margen de adaptación según la disponibilidad del centro:

- Catalasa
    - Fuente de enzima: patata o levadura según disponibilidad.
    - Sustrato: agua oxigenada (baja concentración y uso supervisado).
    - Variables: temperatura, pH, concentración (según diseño del equipo).
    - Indicador de medida: volumen, altura de espuma, tiempo.
- Amilasa
    - Solución de almidón.
    - Lugol, yodo para la detección cualitativa del almidón.
    - Fuente de amilasa. En función de los recursos saliva o amilasa comercial.
    - Medida: cambio de color, tiempo de desaparición del almidón.
- Lactasa
    - Lactosa o leche como sustrato.
    - Detección con tiras reactivas de glucosa o método equivalente accesible.
    - Medida: presencia de glucosa mediante tiras reactivas.
- Ureasa
    - Urea como sustrato.
    - Indicador de pH (papel indicador o solución indicadora).
    - Medida: cambio de pH por liberación de productos.

Para organizar el laboratorio de manera eficiente y reducir posibles confusiones, se pueden preparar estaciones por enzima (en cada poyata una enzima) o kits específicos por grupo.

2.7.3. Recursos digitales y documentación

Los recursos digitales se usan como herramientas de apoyo para recoger evidencias y analizar datos, comunicar resultados.

- Recogida de evidencias y organización del proyecto
    - Cuestionario inicial por *forms* o similar y registro de ideas previas.
    - Carpeta compartida por ejemplo *drive, classroom*, etc. con plantillas y rúbricas.
    - Entrega del *abstract*.
- Análisis de datos
    - Hojas de cálculo (*Excel*) para gráficas y plantillas de tablas y gráficas para quienes prefieran formato analógico.

- Diseño del póster

  - *Canva* o *Power point* y una plantilla cerrada para asegurar realismo temporal y un formato homogéneo.

- Documentación para casos reales (sesión 7)

  -Fichas breves de contexto real (enzimas usadas en nutrición animal, levaduras, entornos extremos, sostenibilidad).

(Si se utilizan materiales externos (imágenes, artículos, gráficos), se seleccionan fuentes de acceso abierto o se citan adecuadamente. En caso de ser material extenso, se incorpora solo como extracto o se sustituye por elaboración propia).

2.7.4. Recursos humanos y coordinación

- Profesores de la materia de Biología: guía el proceso, asegura la viabilidad experimental, orienta el análisis y proporciona *feedback*.
- Departamento de Ciencias/ laboratorio: coordinación para reservar el material y uso del espacio en una sesión doble.
- Apoyo del Departamento de Orientación: seguimiento de medidas DUA para alumnado con TDAH y consideraciones de seguridad para el caso de epilepsia.
- Colaboraciones externas opcionales: visita a instalaciones o conexión telemática con perfiles científicos, planteadas como enriquecimiento y que pueden ser sustituidas en caso de no ser viables.

2.7.5. Organización logística y alternativas

Para asegurar que la propuesta pueda ser aplicada, se prevén distintas medidas de organización, entre ellas:

- Preparación previa de *kits* o cajas por enzimas que incluyan reactivos, instrucciones, hojas de datos).
- Etiquetado de materiales y espacios.
- Protocolos simplificados para asegurar resultados observables.
- Alternativas por si algún enzima no puede implementarse, sustituir por otra enzima accesible o convertir el caso de esa enzima a un caso aplicado sin práctica.

La organización de los recursos responde a criterios de seguridad, eficiencia y coherencia con el enfoque del proyecto, garantizando que el alumnado puede completar su investigación y comunicarla con rigor en el congreso científico escolar.

En la Tabla 6 puede consultarse la organización de los recursos materiales según las distintas fases de la SdA, así como su relación con las evidencias de aprendizaje generadas en cada una de ellas. Permite visualizar de forma clara la coherencia entre los materiales seleccionados, las actividades propuestas y los productos esperados a lo largo de la SdA.

Tabla 6. Recursos y materiales por fases del proyecto.

Fase	*Recursos principales*	*Evidencia asociada*
Inicio (Sesión 1)	Cuestionario inicial (Anexo J5), soporte digital	Ideas previas
Base conceptual (Sesión 2-3)	Fichas, gráficas, pizarra digital	Interpretación de gráficas
Diseño (Sesión 4)	Ficha de diseño experimental (Anexo E)	Diseño y variables
Bloque experimental (Sesión 5)	*Kits* de enzimas, material de seguridad	Datos experimentales
Análisis (Sesión 6)	Plantillas gráficas, hoja de cálculo (Anexo F)	Gráfica y conclusiones
Aplicación real (Sesión 7)	Fichas de casos reales (Anexo G)	Recomendación aplicada
Comunicación (Sesión 8 – 9)	Plantilla póster (Anexo I), rúbricas (Anexos J1 – J4), exposición	Póster y defensa

Fuente: elaboración propia.

2.8. Atención a la diversidad

Esta programación didáctica anual se plantea desde una perspectiva inclusiva, de acuerdo con los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y con el objetivo de garantizar que todos los alumnos del aula puedan acceder a los contenidos, participar activamente en el desarrollo del proyecto y expresar lo aprendido de formas diversas. Esta atención a la diversidad no implica una reducción del nivel de exigencia curricular, sino la incorporación de medidas que faciliten el acceso, la participación y el progreso del alumnado dentro de la materia de Biología de 2.º de Bachillerato, caracterizada por un alto nivel de abstracción y alta exigencia académica.

La aplicación del DUA se concreta en tres líneas principales. En primer lugar, se ofrecen múltiples formas de representación de la información, combinando explicaciones orales, apoyo visual mediante esquemas y gráficas, materiales escritos, recursos digitales y ejemplos aplicados a contextos reales. Esta variedad resulta especialmente adecuada en esta SdA centrada en actividad enzimática, ya que muchos de los procesos trabajados son de carácter molecular y no pueden observarse de manera directa. En segundo lugar, se incorporan distintas vías de acción y expresión, permitiendo que el alumnado participe a través de respuestas orales, representaciones gráficas, análisis de datos, producciones escritas y exposición del producto final. Por último, se favorecen múltiples formas de implicación, mediante un reto contextualizado, el trabajo en grupo, la conexión con aplicaciones biotecnológicas reales y la posibilidad de tomar decisiones dentro del proyecto.

La organización del trabajo en grupos contribuye también a esta atención a la diversidad. Los equipos se configuran de forma heterogénea, favoreciendo la interacción entre iguales, la ayuda mutua y la construcción compartida del conocimiento. No se trata de que unos alumnos compensen a otros, sino de generar un contexto de trabajo en donde los distintos perfiles, ritmos y formas de participación puedan trabajar de manera funcional. Además, las tareas se presentan de forma secuenciada, de modo que los alumnos avanzan desde actividades más guiadas y de comprensión conceptual hacia otras de mayor autonomía, como el diseño experimental, el análisis de resultados o la elaboración del póster final.

En el caso concreto del alumno con TDAH, se prevén medidas dirigidas principalmente a facilitar la organización, la atención sostenida y la gestión de tareas complejas. Para ello, las actividades se presentan con instrucciones claras, objetivos concretos y pasos bien delimitados. Se proporcionan apoyos visuales, plantillas de trabajo y recordatorios breves durante el desarrollo de las sesiones. En las tareas de mayor complejidad, como el diseño experimental, el análisis de resultados o la preparación del póster, se plantea fragmentar el trabajo en fases, con revisiones parciales que permitan mantener el seguimiento y evitar la sobrecarga. En la organización del aula, se procurará ubicar a este alumno en un entorno con pocas distracciones y dentro de un grupo que favorezca su participación y estabilidad en el trabajo. En ningún caso se modifican los objetivos de aprendizaje ni los criterios de evaluación, sino que se ajustan las condiciones de acceso y organización de la tarea.

En relación con el alumno con epilepsia controlada, las medidas previstas se orientan a garantizar la seguridad y a reducir posibles factores de riesgo sin alterar el normal desarrollo de la programación. En el aula, se evitará la exposición innecesaria a estímulos visuales intensos o parpadeantes, y se prestará atención a la organización de los tiempos de trabajo para evitar situaciones de fatiga o sobrecarga. En el laboratorio, se seguirán las medidas de prevención establecidas por el centro, procurando que el alumno trabaje acompañado, en una zona segura y bajo supervisión del docente, especialmente durante el manejo de reactivos o material de laboratorio. De nuevo, no se plantean adaptaciones curriculares significativas, sino ajustes organizativos y preventivos para garantizar un entorno de aprendizaje seguro.

Además de estas medidas específicas, la SdA incorpora otros apoyos generales que benefician al conjunto del grupo. Entre ellos, hay que destacar el uso de plantillas de diseño experimental, la interpretación de datos y la elaboración del póster; la anticipación de los criterios de evaluación y de los productos esperados; la combinación de trabajo presencial y autónomo; y la exposición previa de los pósteres en el centro, que facilita la familiarización con los trabajos antes del congreso final y reduce la presión asociada a la presentación oral.

La atención a la diversidad de esta SdA se entiende como una planificación previa orientada a anticipar barreras y ofrecer apoyos ajustados al alumnado destinatario. Este planteamiento resulta especialmente importante en una propuesta basada en ABP, donde el trabajo es autónomo, la colaboración y la experimentación exigen que el alumnado disponga de estructuras claras, acompañamiento docente y posibilidades reales de participación.

2.9. Evaluación

La evaluación de la SdA se plantea como un proceso continuo, formativo y competencial, en coherencia con el *Decret* 171/2022 y con el enfoque metodológico basado en ABP. Se pretende que la evaluación no solo se limite a la calificación final, sino que se integra a lo largo de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, permitiendo identificar avances, detectar dificultades y ajustar la intervención educativa cuando sea necesario.

La evaluación de la programación didáctica anual se organiza atendiendo a distintos momentos, agentes, finalidades e instrumentos. En primer lugar, se contempla una evaluación diagnóstica, al inicio de bloques o situaciones de aprendizaje orientada a identificar conocimientos previos, dificultades y posibles concepciones erróneas. En segundo lugar, una

evaluación continua y formativa, que permite acompañar el progreso del alumnado, ofrecer retroalimentación y reajustar el proceso si fuera necesario. Finalmente, una evaluación sumativa, al cierre de los bloques o situaciones, para valorar el grado de adquisición de las competencias específicas y de los criterios de evaluación vinculados.

En cuanto a los agentes evaluadores, la programación combina la heteroevaluación, realizada por el docente, con momentos de autoevaluación y coevaluación, especialmente en aquellas tareas que implican trabajo en grupo, revisión entre iguales o comunicación oral. Esta combinación favorece la reflexión sobre el propio aprendizaje, la autorregulación y la construcción de una actitud más consciente y responsable ante el proceso evaluador.

Por lo que respecta a los instrumentos, se emplean, según la naturaleza de la actividad, listas de control, rúbricas, observación sistemática, análisis de producciones y cuestionarios breves. Esta diversidad permite recoger evidencias tanto del proceso como del producto y resulta coherente con una evaluación de carácter competencial.

En el caso concreto de la SdA, la evaluación se vincula directamente al desarrollo del proyecto. Se emplean principalmente dos procedimientos: la observación sistemática del trabajo del alumnado y el análisis de sus producciones. De este modo, se valoran no solo los resultados finales, sino también los aspectos relevantes del proceso, como la formulación de la hipótesis, la toma de decisiones, el diseño experimental, la interpretación de datos o la comunicación científica. La evaluación diagnóstica se realiza en la sesión inicial, a partir de la observación y del análisis de las respuestas de los alumnos al cuestionario previo. Su finalidad es conocer las ideas previas sobre las enzimas, la actividad enzimática y aplicaciones biotecnológicas, así como detectar posibles errores conceptuales antes de iniciar el proyecto. Esta fase no tiene peso en la calificación final. La evaluación formativa se desarrolla a lo largo del proyecto, especialmente en las tareas de comprensión conceptual, interpretación de gráficas, aplicación de casos reales y revisión del *abstract* previo. En todas estas fases, la finalidad principal es orientar y mejorar el proceso de aprendizaje, no asignar una nota cerrada. En este sentido, el *abstract* funciona como una herramienta intermedia de comunicación científica que permite revisar la coherencia entre objetivo, método, resultados y conclusión antes de la elaboración del póster y la defensa oral.

La evaluación sumativa se centra únicamente en aquellas evidencias que permiten valorar de forma realista y suficiente el trabajo desarrollado. No resulta viable ni pedagógicamente necesario calificar todas las actividades de la SdA, por lo que se seleccionan las siguientes tres producciones principales:

- El diseño experimental, que permite valorar la formulación de la hipótesis, la identificación de variables, la coherencia del procedimiento y la planificación del trabajo científico.
- El informe y análisis de resultados del laboratorio, donde se integran la recogida de datos, su organización, la elaboración de gráficas y la interpretación científica de los resultados.
- El producto final del proyecto, formado por el póster científico y su defensa oral, que sintetiza el proceso seguido, la argumentación de las conclusiones y la aplicación de los resultados a un contexto real.

De esta manera, la evaluación mantiene un carácter coherente con el enfoque ABP, ya que concentra el peso de la calificación en productos significativos que reflejan de forma completa el proceso de aprendizaje, evitando una fragmentación excesiva y poco realista de la evaluación.

La ponderación de estas producciones evaluables se ha establecido atendiendo a su relevancia dentro del proyecto: el diseño experimental supone un 20 %, el informe y análisis de resultados del laboratorio un 35 % y el póster científico junto con la defensa oral un 45 %. Este criterio permite valorar de forma equilibrada tanto la planificación y ejecución del trabajo científico como su comunicación final.

La Tabla 7 resume los elementos de evaluación empleados en la SdA, diferenciando aquellas actividades de carácter diagnóstico o formativo de las tres producciones que contribuyen a la calificación final.

Tabla 7. Elementos de evaluación empleados en la SdA.

Actividad	Procedimiento	Instrumento	Agente	Finalidad	Competencia específica	Criterio	Ponderación (%)
Sesión 1. Cuestionario inicial	Observación y análisis de respuestas	Lista de control	H	D	CE.BG.1	1.1	0
Sesiones 2 – 3. Actividades de comprensión e interpretación	Análisis de producciones y observación	Lista de control Rúbrica breve	H	F	CE.BG.6/ CE.BG.1	6.1/ 1.1	0
Sesión 4. Diseño experimental	Análisis de producciones	**Rúbrica de diseño experimental**	H	**S**	CE.BG.3/ CE.BG.4	3.3/ 4.1	**20**
Sesión 5 – 6. Informe y análisis de resultados del laboratorio	Observación y análisis de producciones	**Lista de control de laboratorio** **Rúbrica análisis de datos**	H	**S**	CE.BG.3/ CE.BG.1	3.4/ 3.5/ 1.3	**35**
***Abstract* previo**	Análisis de producciones	Lista de cotejo Rúbrica breve del *abstract*	H	F	CE.BG.1	1.2	0
Sesión 7. Aplicación a contextos reales	Análisis de producciones y observación	Rúbrica de aplicación científica	H	F	CE.BG.5	5.1/ 5.2	0
Sesiones 8 – 9. Póster científico y defensa oral	Análisis de producciones y observación	**Rúbrica de póster científico** **Rúbrica de exposición oral** **Autoevaluación** **Coevaluación**	H + C+A	**S**	CE.BG.1/ CE.BG.5	1.2/ 1.3/ 5.2	**45**

Fuente: elaboración propia a partir del *Decret* 171/2022. H: heteroevaluación, C: coevaluación, A: autoevaluación, D: diagnóstica, F: formativa, S: sumativa.

Los instrumentos de evaluación detallados en la Tabla 7 (rúbricas y listas de control) se recogen en el Anexo J (J1 – J6) del presente trabajo.

2.10. Situación de aprendizaje

La presente SdA se integra en la programación didáctica de la asignatura de Biología de 2.º de Bachillerato, dentro del bloque de saberes básicos relacionados con las biomoléculas y el metabolismo. En concreto, se centra en el estudio de la actividad enzimática, abordando la relación entre estructura de las proteínas, su función catalítica y las condiciones que influyen en su funcionamiento.

Esta propuesta pretende favorecer una comprensión profunda y aplicada del concepto de enzima, superando las dificultades asociadas a su carácter abstracto mediante una aproximación experimental y contextualizada. Para ello, el alumnado llevará a cabo el análisis de la actividad de distintas enzimas (catalasa, amilasa, lactasa y ureasa), mediante el diseño y desarrollo de experiencias de laboratorio que les permitirán interpretar datos y establecer conclusiones fundamentadas científicamente. Esta fase experimental se plantea como un bloque de trabajo específico dentro del proyecto, organizado en una sesión doble que permite desarrollar el experimento con más rigor, repetir medidas si es necesario y garantizar datos más fiables.

Metodológicamente, la SdA se llevará a cabo a través de ABP. El alumnado asume el rol de equipo investigador. El reto planteado consiste en optimizar las condiciones de funcionamiento de una enzima concreta para su aplicación en un contexto real. Este proceso culmina en la simulación de un congreso científico escolar, en el que los estudiantes presentan sus resultados mediante un póster científico y una defensa oral. Además, se incorporan contextos reales vinculados a la biotecnología, lo que permite conectar el aprendizaje con situaciones científicas actuales. Como en los congresos científicos, cada equipo deberá enviar un *abstract* (150 – 200 palabras), que será revisado por el profesorado y podrá ser aceptado, aceptado con modificaciones o pendiente de revisión, con el fin de mejorar la calidad del producto final y simular un proceso de comunicación científica real.

A continuación, se detalla la secuenciación de actividades que estructuran la intervención didáctica (Tablas 8 – 16).

Tabla 8. Desarrollo de la Actividad 01.

<table>
<tr><th colspan="5">Sesión 1_Actividad 01: Plantear el reto y exploración inicial de la actividad enzimática</th></tr>
<tr><td colspan="3">Tipología: Actividad diagnóstica</td><td colspan="2">Objetivos didácticos: OD1, OD3, OD5</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tiempo</td><td>Espacios</td><td>Agrupamiento</td><td>Recursos</td></tr>
<tr><td colspan="2">55’</td><td>Aula</td><td>Grupal + Individual</td><td>Proyector, vídeo breve, plataforma digital (Padlet o Forms)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la actividad</td></tr>
<tr><td>10’</td><td>Grupo clase</td><td colspan="3">Se inicia la sesión con la presentación de un escenario científico real relacionado con el uso de enzimas en biotecnología. Se formula la pregunta guía: ¿Cómo se podría optimizar el funcionamiento de una enzima en una aplicación real?</td></tr>
<tr><td>15’</td><td>Grupo clase</td><td colspan="3">Se introduce la situación de aprendizaje, explicando el rol del alumnado como equipo investigador, el reto planteado (optimización enzimática), el producto final (congreso científico escolar) (Anexo D).</td></tr>
<tr><td>20’</td><td>Individual + discusión grupal</td><td colspan="3">El alumnado responde a un cuestionario inicial (digital o papel) con cuestiones como: ¿Qué es una enzima? ¿Qué factores pueden modificar su actividad? ¿Dónde se aplican en la vida real?
Posterior puesta en común dirigida</td></tr>
<tr><td>10’</td><td>Grupos</td><td colspan="3">Formación de equipos de trabajo y propuesta de funciones iniciales de trabajo dentro del proyecto.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Competencias clave:</td><td colspan="3">CCL, CMCCTE (STEM), CD, CPSAA</td></tr>
<tr><td colspan="5">Evaluación del aprendizaje</td></tr>
<tr><td colspan="2">Procedimiento</td><td>Momento</td><td>Agente</td><td>Finalidad</td></tr>
<tr><td colspan="2">Observación y análisis de respuestas</td><td>Inicial</td><td>Heteroevaluación</td><td>Diagnóstica</td></tr>
<tr><td colspan="2">Evidencias</td><td colspan="3">✓ Aportaciones de los alumnos en la herramienta digital.
✓ Intervenciones en la discusión grupal.
✓ Formulación inicial de ideas e hipótesis relacionadas con la actividad enzimática.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Elementos transversales</td><td colspan="3">Expresión oral, alfabetización digital, pensamiento crítico</td></tr>
</table>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Desarrollo de la Actividad 02.

<table>
<tr><th colspan="5">Sesión 2_Actividad 02: Comprensión del funcionamiento enzimático y su base estructural</th></tr>
<tr><td colspan="3">Tipología: Actividad de desarrollo</td><td colspan="2">Objetivos didácticos: OD1, OD2</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tiempo</td><td>Espacios</td><td>Agrupamiento</td><td>Recursos</td></tr>
<tr><td colspan="2">55’</td><td>Aula</td><td>Grupal + grupos pequeños</td><td>Presentación, esquemas visuales, pizarra digital, ficha de actividades.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la actividad</td></tr>
<tr><td>10’</td><td>Grupo clase</td><td colspan="3">Se presenta el concepto de metabolismo como conjunto de reacciones químicas que tienen lugar en los seres vivos, diferenciando de forma general entre procesos anabólicos y catabólicos. A partir de esta introducción, se plantea la siguiente pregunta guía: ¿Cómo consiguen las enzimas que las reacciones metabólicas tengan lugar en condiciones compatibles con la vida? A continuación, se introduce la idea clave de que las enzimas actúan como catalizadores biológicos esenciales en el metabolismo.</td></tr>
<tr><td>20’</td><td>Grupo clase</td><td colspan="3">Explicación guiada (representaciones gráficas y ejemplos sencillos) donde se trabajan los conceptos esenciales del funcionamiento enzimático: naturaleza proteica de las enzimas, sitio activo, especificidad enzimática, modelos enzima-sustrato (llave-cerradura y ajuste inducido).</td></tr>
<tr><td>15’</td><td>Trabajo en grupos de 3-4 alumnos</td><td colspan="3">Cada alumno analiza una serie de esquemas y representaciones proporcionadas por la docente y debe: identificar partes de la enzima, explicar el proceso de unión E-S, diferenciar los modelos de interacción.</td></tr>
<tr><td>10’</td><td>Individual + puesta en común</td><td colspan="3">Resolución de cuestiones breves de aplicación: ¿Por qué una enzima es específica para su sustrato?, ¿Qué ocurre si se modifica su estructura?, ¿Qué papel tienen las enzimas en el metabolismo?
Corrección colectiva con apoyo de la docente, destacando que estos contenidos son la base teórica necesaria para el desarrollo del proyecto.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Competencias clave:</td><td colspan="3">CMCCTE (STEM), CCL, CPSAA</td></tr>
<tr><td colspan="5">Evaluación del aprendizaje</td></tr>
<tr><td colspan="2">Procedimiento</td><td>Momento</td><td>Agente</td><td>Finalidad</td></tr>
<tr><td colspan="2">Análisis de producciones y observación</td><td>Continua</td><td>Heteroevaluación</td><td>Formativa</td></tr>
<tr><td colspan="2">Evidencias</td><td colspan="3">✓ Respuestas del alumnado a las actividades propuestas.
✓ Intervenciones durante el trabajo en grupo.
✓ Explicaciones orales en la puesta en común.
✓ Justificación de la relación estructura – función.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Elementos transversales</td><td colspan="3">Comprensión lectora, expresión oral, razonamiento científico.</td></tr>
</table>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Desarrollo de la Actividad 03.

<table>
<tr><th colspan="5">Sesión 3_Actividad 03: Análisis e interpretación de la actividad enzimática mediante representaciones gráficas.</th></tr>
<tr><td colspan="3">Tipología: Actividad de aplicación.</td><td colspan="2">Objetivos didácticos: OD2, OD4</td></tr>
<tr><td>Tiempo</td><td>Espacios</td><td>Agrupamiento</td><td colspan="2">Recursos</td></tr>
<tr><td>55’</td><td>Aula</td><td>Grupal + grupos pequeños + individual</td><td colspan="2">Fichas gráficas, pizarra digital, calculadora o herramienta digital.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la actividad</td></tr>
<tr><td>10’</td><td>Grupo clase</td><td colspan="3">Se introduce las representaciones gráficas de la actividad enzimática, explicando cómo interpretar:
- Eje X (variable independiente: temperatura, pH, concentración)
- Eje Y (actividad enzimática)
- Concepto de máxima actividad
Se plantean las siguientes preguntas orientadoras: ¿Qué variables se está representando?, ¿Cómo cambia la actividad enzimática?</td></tr>
<tr><td>25’</td><td>Trabajo en grupos de 3-4 alumnos</td><td colspan="3">Cada grupo recibe un conjunto de gráficas (temperatura, pH y concentración de sustrato). Los alumnos deben analizar las gráficas con el objetivo de tomar decisiones fundamentales para su futuro diseño experimental. Se favorece la discusión y argumentación en grupo.</td></tr>
<tr><td>15’</td><td>Individual + puesta en común</td><td colspan="3">Cada alumno responde a una cuestión de aplicación tipo: ¿En qué condiciones funcionaría mejor la enzima y por qué?
Se realiza una corrección colectiva, priorizando la argumentación científica y el uso de vocabulario preciso.</td></tr>
<tr><td>5’</td><td>Cierre</td><td colspan="3">Síntesis de ideas claves: las enzimas dependen de condiciones externas, la actividad enzimática es cuantificable, se puede optimizar su funcionamiento.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Competencias clave:</td><td colspan="3">CMCCTE (STEM), CCL, CD, CPSAA</td></tr>
<tr><td colspan="5">Evaluación del aprendizaje</td></tr>
<tr><td>Procedimiento</td><td>Momento</td><td>Agente</td><td colspan="2">Finalidad</td></tr>
<tr><td>Análisis de producciones y observación</td><td>Continua</td><td>Heteroevaluación</td><td colspan="2">Formativa</td></tr>
<tr><td>Evidencias</td><td colspan="4">✓ Interpretación escrita de las gráficas.
✓ Explicaciones orales durante la actividad grupal.
✓ Justificación de las condiciones óptimas de actividad enzimática.</td></tr>
<tr><td>Elementos transversales</td><td colspan="4">Pensamiento crítico, expresión oral y escrita y razonamiento científico.</td></tr>
</table>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Desarrollo de la Actividad 04.

Sesión 4_Actividad 04: Diseño experimental para la optimización de la actividad enzimática				
Tipología: Actividad de desarrollo.			**Objetivos didácticos:** OD2, OD3, OD4	
Tiempo		**Espacios**	**Agrupamiento**	**Recursos**
55’		Aula/ laboratorio	Grupos de trabajo	Guía de diseño experimental, ficha de planificación, pizarra digital, material de laboratorio.
Descripción de la actividad				
10’	Grupo clase	Introducción de la sesión como fase clave del proyecto: “Cada grupo debe diseñar un experimento para responder al reto planteado: optimizar el comportamiento de una enzima en un contexto real.” Se recuerdan los elementos fundamentales necesarios: factores que afectan la actividad enzimática, interpretación de gráficas, relación estructura-función.		
15’	Grupo clase (orientación guiada)	Se explican los elementos básicos del diseño experimental: formulación de hipótesis, variable independiente (pH, temperatura o concentración), variable dependiente (actividad enzimática), variables de control y necesidad de un control experimental. Se muestra un ejemplo sencillo sin condicionar la propuesta del alumnado.		
25’	Trabajo en grupos (fase proyecto)	Cada grupo desarrolla su diseño experimental como parte de su proyecto de investigación: 1. Selección de la enzima (catalasa, amilasa, lactasa o ureasa). 2. Define el objetivo, 3. Formula hipótesis coherente, 4. Selección variable de estudio. 5. Identifica variables de control. 6. Propone un procedimiento viable. 7. Establece el sistema de recogida de datos. El docente acompaña el proceso asegurando coherencia científica, viabilidad en el laboratorio escolar y adecuación al tiempo disponible.		
5’	Cierre	Exposición breve del planteamiento experimental por grupos. Revisión para comprobar claridad del diseño y posibilidad de llevarlo a cabo.		
Competencias clave:		CMCCTE (STEM), CD, CPSAA, CE		
Evaluación del aprendizaje				
Procedimiento		**Momento**	**Agente**	**Finalidad**
Análisis de producciones y observación		Continua	Heteroevaluación	Sumativa
Evidencias		✓ Documento de diseño experimental elaborado por cada grupo. ✓ Formulación de hipótesis e identificación correcta de variables. ✓ Participación en la toma de decisiones dentro del grupo.		
Instrumento de evaluación: Rúbrica del diseño experimental, lista de control (viabilidad, coherencia y adecuación metodológica).				
C. específica		**Contenido**	**Criterio evaluación**	**Indicador de logro**
CE.BG.3		Diseño de proyectos de investigación.	3.3	Identificación correcta de las variables y procedimiento.
CE.BG.4		Resolución de problemas científicos.	4.1	Propone experimento coherente y viable.
Elementos transversales		Trabajo colaborativo, pensamiento crítico y toma de decisiones.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Desarrollo de la Actividad 05.

Sesión 5_Actividad 05: Desarrollo experimental de la actividad enzimática				
Tipología: Actividad experimental.			**Objetivos didácticos:** OD2, OD3, OD4	
Tiempo		**Espacios**	**Agrupamiento**	**Recursos**
110’ (sesión doble)		Laboratorio	Grupos de trabajo	Material de laboratorio, hoja de registro de datos, cronómetro, termómetro, reactivos.
Descripción de la actividad				
10’	Grupo clase (introducción)	Se presenta la sesión como parte del bloque experimental del proyecto, recordando que el objetivo es poner a prueba el diseño experimental previamente elaborado para obtener datos que permitan responder a un reto planteado. Se revisan brevemente las normas de seguridad, organización de material y distribución del tiempo.		
80’	Trabajo en grupos (fase experimental del proyecto)	Cada grupo desarrolla su experimento diseñado en la sesión anterior adaptándolo a las condiciones reales de laboratorio. El alumnado prepara el material necesario, realiza el procedimiento experimental, controla las variables definidas, registra los datos obtenidos de forma organizada, repite medidas si es necesario para mejorar la fiabilidad. El docente adopta un rol de guía resolviendo dudas, supervisa la seguridad, orienta en la recogida de datos, asegura la viabilidad.		
20’	Cierre y organización de resultados	Cada grupo organiza sus datos de manera preliminar: tablas, anotaciones y observaciones relevantes. Se anticipa la siguiente fase donde estos datos serán analizados en la próxima sesión para extraer conclusiones y tomar decisiones.		
Competencias clave:		CMCCTE (STEM), CD, CPSAA, CE		
Evaluación del aprendizaje				
Procedimiento		**Momento**	**Agente**	**Finalidad**
Análisis de producciones y observación directa		Continua	Heteroevaluación	Formativa
Evidencias		✓ Participación activa en el laboratorio. ✓ Aplicación correcta del diseño experimental. ✓ Registro de datos experimentales. ✓ Uso adecuado de materiales y procedimientos.		
Elementos transversales		Trabajo colaborativo, responsabilidad en el laboratorio, gestión de tiempo y razonamiento científico.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. Desarrollo de la Actividad 06.

Sesión 6_Actividad 06: Análisis de resultados y toma de decisiones sobre la actividad enzimática.				
Tipología: Actividad de aplicación.			**Objetivos didácticos:** OD2, OD4, OD5	
Tiempo		**Espacios**	**Agrupamiento**	**Recursos**
55’		Aula	Grupal + individual	Hojas de resultados, plantillas de gráficas, calculadora o Excel, pizarra digital.
Descripción de la actividad				
5’	Grupo clase- (introducción)	Se plantea el objetivo de la sesión: analizar los resultados obtenidos en el laboratorio para extraer conclusiones y avanzar en la resolución del reto del proyecto. Se recuerda que: los datos por sí solos no son suficientes, es necesario interpretarlos y argumentarlos.		
20’	Trabajo en grupos (fase de análisis)	Cada grupo organiza y transforma los datos obtenidos: 1) construyen una tabla de resultados, 2) representan los datos en una gráfica, 3) identifican tendencias (máximos, mínimos y variaciones). Los alumnos han de relacionar los resultados con la variable estudiada y el comportamiento esperado de la enzima. El profesor/a acompaña orientando la interpretación, no dando respuestas.		
20’	Trabajo en grupo (fase de interpretación y decisión)	Cada grupo trabaja sobre su propio experimento para responder: ¿Qué condiciones optimizan la actividad enzimática?, ¿Se confirma la hipótesis inicial?, ¿Qué limitaciones tiene el experimento?, ¿Cómo se podrían mejorar los resultados? Toman decisiones basadas en datos.		
10’	Individual + puesta en común	Cada alumno responde de forma individual a la pregunta clave: ¿Qué condiciones recomendarías para maximizar la actividad del enzima y por qué? Se realiza una puesta en común para comparar conclusiones. Como tarea de continuidad del proyecto, cada grupo redactará y enviará un *abstract* preliminar (150-200 palabras y 3-5 palabras clave) que sintetice objetivo, método, resultados principales y conclusión (Anexo H).		
Competencias clave:		CMCCTE (STEM), CCL, CD, CPSAA, CE		
Evaluación del aprendizaje				
Procedimiento		**Momento**	**Agente**	**Finalidad**
Análisis de producciones y observación		Continua	Heteroevaluación	Sumativa
Evidencias		✓ Representación de gráficas de los alumnos. ✓ Interpretación de resultados y argumentación de conclusiones. ✓ Toma de decisiones basada en los datos experimentales. ✓ Borrador de *abstract* del equipo (entregado en formato digital)		
Instrumento de evaluación: Rúbrica de análisis e interpretación de datos				
C. específica		**Contenido**	**Criterio evaluación**	**Indicador de logro**
CE.BG.3		Análisis de resultados científicos.	3.5	Interpreta datos y extrae conclusiones.
CE.BG.1		Comunicación científica	1.3	Argumenta conclusiones con lenguaje científico adecuado
CE.BG.4		Resolución de problemas	4.2	Propone mejoras basadas en el análisis de resultados
Elementos transversales		Pensamiento crítico, expresión oral y escrita y razonamiento científico.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Desarrollo de la Actividad 07.

<table>
<tr><th colspan="5">Sesión 7_Actividad 07: Aplicación de la actividad enzimática a contextos reales.</th></tr>
<tr><td colspan="2">Tipología: Actividad de aplicación.</td><td colspan="3">Objetivos didácticos: OD3, OD5, OD6</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tiempo</td><td>Espacios</td><td>Agrupamiento</td><td>Recursos</td></tr>
<tr><td colspan="2">55’</td><td>Aula</td><td>Grupos de trabajo + puesta en común</td><td>Fichas de casos reales, artículos breves, material digital.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la actividad</td></tr>
<tr><td>10’</td><td>Grupo clase</td><td colspan="3">Se plantea el objetivo de la sesión: Aplicar resultados obtenidos en el laboratorio para resolver un problema real relacionado con el uso de enzimas. Se explica a cada grupo que trabajará sobre un caso real distinto, vinculado a la biotecnología.</td></tr>
<tr><td>20’</td><td>Trabajo en grupos (asignación de casos)</td><td colspan="3">Cada grupo recibe un caso aplicado relacionado con su línea de investigación, ejemplos: 1) uso de enzimas en nutrición animal, 2) fermentación de levaduras vínicas, 3) adaptación enzimática a bajas temperaturas (entornos extremos), 4) procesos de bioconversión y sostenibilidad. Cada grupo debe analizar la información proporcionada, identificar el problema planteado, relacionarlo con su experimento.</td></tr>
<tr><td>20’</td><td>Trabajo en grupos (fase de decisión del proyecto)</td><td colspan="3">Cada equipo responde al reto final del proyecto: ¿Qué condiciones recomiendan para optimizar la enzima?, ¿Cómo se relacionan sus resultados con el caso real?, ¿Qué limitaciones presenta su propuesta?, ¿Qué mejoras introducirían?</td></tr>
<tr><td>5’</td><td>Puesta en común</td><td colspan="3">Algunos grupos comparten conclusiones comparando resultados y aplicaciones propuestas. Se hace énfasis en la diversidad de soluciones. El docente comunica de forma breve el estado del abstract de cada equipo y una mejora prioritaria (claridad del resultado principal, precisión del método o conexión con el caso real).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Competencias clave:</td><td colspan="3">CMCCTE (STEM), CCL, CPSAA, CE, CC</td></tr>
<tr><td colspan="5">Evaluación del aprendizaje</td></tr>
<tr><td colspan="2">Procedimiento</td><td>Momento</td><td>Agente</td><td>Finalidad</td></tr>
<tr><td colspan="2">Análisis de producciones y observación</td><td>Continua</td><td>Heteroevaluación</td><td>Formativa (preparación del producto final)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Evidencias</td><td colspan="3">✓ Propuesta de aplicación del proyecto.
✓ Argumentación de la elección de las condiciones óptimas.
✓ Relación entre resultados experimentales y contexto real.
✓ Participación en la discusión grupal.
✓ Abstract revisado (versión aceptada con cambios o aceptada).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Elementos transversales</td><td colspan="3">Pensamiento crítico, toma de decisiones, responsabilidad social y comunicación científica.</td></tr>
</table>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Desarrollo de la Actividad 08.

Sesión 8_Actividad 08: Elaboración del producto final (póster científico).				
Tipología: Actividad de síntesis.			**Objetivos didácticos:** OD4, OD5, OD6	
Tiempo		**Espacios**	**Agrupamiento**	**Recursos**
55’		Aula/ casa	Grupos de trabajo	Ordenadores, plantilla de póster, Canva o PowerPoint, datos experimentales.
Descripción de la actividad				
10’	Grupo clase (introducción)	Transformar los resultados obtenidos en el proyecto en un producto científico que pueda ser comunicado en un congreso. Se explican brevemente los elementos que debe incluir el póster: introducción (problema planteado), diseño experimental, resultados, interpretación, aplicación real, recomendación final.		
35’	Trabajo en grupos (fase de producción del proyecto)	Cada grupo elabora su póster científico a partir del *abstract* previamente revisado, lo que facilita la organización de la información científica y permite dedicar la sesión presencial a la mejora del diseño, la precisión del lenguaje y la coherencia entre resultados y conclusiones. El alumnado debe seleccionar la información relevante, organizar resultados de forma clara, representar los datos, formular conclusiones, incluir la aplicación real trabajada en la sesión anterior, elaborar una recomendación final basada en evidencias. El profesor orienta revisando la claridad del contenido, coherencia científica y corrige lenguaje.		
10’	Cierre	Revisión rápida del trabajo realizado y preparación de la presentación oral: en la próxima sesión presentaréis vuestros resultados como en un congreso científico. Una vez finalizados, los pósteres se exponen en el centro educativo (espacios comunes), permitiendo su observación previa al congreso científico. Además, el libro de *abstracts* del congreso (resúmenes aceptados) se comparte con el grupo para preparar preguntas y favorecer una participación más activa en la sesión final.		
Competencias clave:		CCL, CMCCTE (STEM), CD, CPSAA		
Evaluación del aprendizaje				
Procedimiento		**Momento**	**Agente**	**Finalidad**
Análisis de producciones		Continua	Heteroevaluación	Formativa
Evidencias		✓ Póster científico elaborado por el grupo. ✓ Organización de la información. ✓ Representación gráfica de resultados. ✓ Conclusiones y propuesta aplicada.		
Elementos transversales		Comunicación científica, competencia digital, trabajo colaborativo.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Desarrollo de la Actividad 09.

Sesión 9_Actividad 09: Congreso científico escolar y evaluación final del proyecto.				
Tipología: Actividad de evaluación final.			**Objetivos didácticos:** OD3, OD4, OD6	
Tiempo		**Espacios**	**Agrupamiento**	**Recursos**
55’		Aula	Grupal + grupos clase	Pósteres, proyector, rúbricas, fichas de coevaluación.
Descripción de la actividad				
35’	Presentaciones (congreso científico)	Los pósteres han sido previamente expuestos en el centro, lo que ha permitido a los alumnos familiarizarse con los trabajos de sus compañeros antes del congreso. Cada grupo presenta su trabajo en formato de congreso: exposición oral breve (2 – 3 minutos), explicación del experimento, interpretación de resultados, aplicación real y recomendación final. El resto de los alumnos actúa como audiencia científica, escucha, formula preguntas y compara resultados.		
10’	Coevaluación y autoevaluación	El alumnado evalúa otros trabajos y su propia participación. Se utilizan rúbricas y cuestionarios breves.		
10’	Reflexión final	Se realiza una reflexión guiada: ¿Qué han aprendido?, ¿Qué mejorarían del experimento?, ¿Qué dificultades han encontrado?		
Competencias clave:		CCL, CMCCTE (STEM), CPSAA, CE, CC		
Evaluación del aprendizaje				
Procedimiento		**Momento**	**Agente**	**Finalidad**
Observación + rúbrica + cuestionario		Final	Heteroevaluación + coevaluación + autoevaluación	Sumativa
Evidencias		✓ Presentación oral. ✓ Defensa del trabajo. ✓ Participación en el congreso. ✓ Reflexión final.		
Instrumento de evaluación: Rúbrica de presentación oral, rúbrica de póster, cuestionario de autoevaluación y coevaluación.				
C. específica		**Contenido**	**Criterio evaluación**	**Indicador de logro**
CE.BG.1		Comunicación científica.	1.2	Expone con claridad y rigor científico.
CE.BG.3		Análisis científico.	3.5	Interpreta y explica resultados correctamente.
CE.BG.5		Aplicación del conocimiento	5.2	Defiende propuestas fundamentadas.
Elementos transversales		Expresión oral, pensamiento crítico, trabajo colaborativo, autonomía.		

Fuente: elaboración propia.

2.11. Evaluación de la Programación didáctica

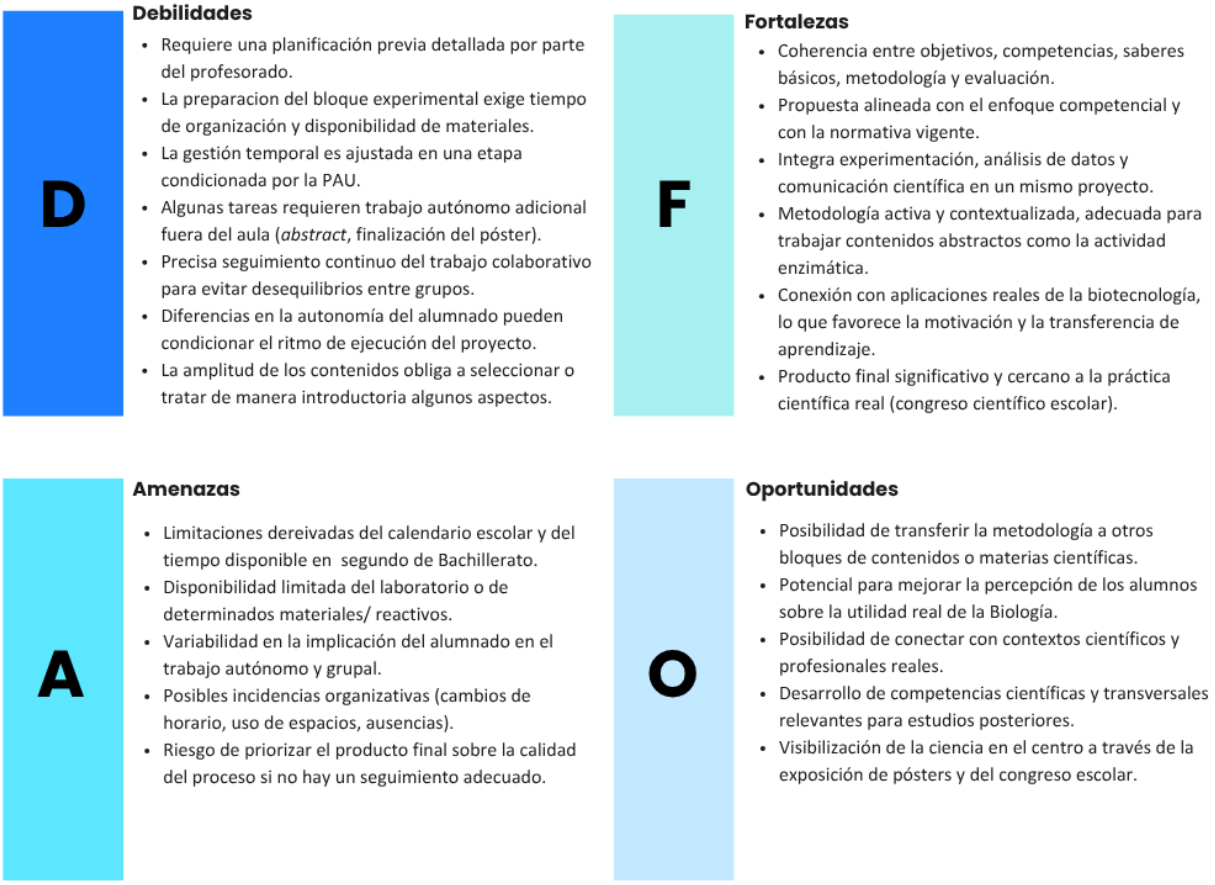
La evaluación de la programación didáctica es una parte esencial del proceso de planificación docente, ya que permite valorar la coherencia del diseño realizado, anticipar posibles dificultades y establecer criterios de mejora antes y después de su aplicación. En este sentido, no debe entenderse únicamente como una revisión formal del documento, sino como un ejercicio de reflexión pedagógica sobre su calidad, viabilidad y capacidad para promover aprendizajes significativos en un contexto real de aula.

En el caso de este TFM, la evaluación de la programación didáctica se sitúa necesariamente en un plano prospectivo, ya que se trata de una propuesta diseñada y fundamentada teóricamente, pero no implementada en su totalidad. Por ello, la valoración de la programación se plantea en dos niveles complementarios. En primer lugar, se realiza una evaluación previa del diseño, centrada en analizar la coherencia interna, la adecuación curricular, la viabilidad metodológica y la relación entre objetivos, competencias, saberes, actividades y evaluación. En segundo lugar, se contempla una evaluación posterior a la implementación, pensada como una propuesta de seguimiento en caso de que la programación y la SdA llegaran a desarrollarse de manera efectiva en el aula.

La evaluación previa se ha llevado a cabo mediante un análisis DAFO, al considerarse una herramienta útil para identificar fortalezas y debilidades internas de la programación, así como oportunidades y amenazas derivadas del propio contexto. Este análisis permite valorar no solo la calidad técnica del diseño, sino también su aplicabilidad real en una etapa exigente como 2.º de Bachillerato, donde la presión temporal, la preparación de la PAU y la complejidad de los contenidos condicionan de forma significativa la práctica docente.

La Figura 2 recoge de forma sintética el análisis DAFO realizado sobre la programación didáctica y sobre la SdA “Estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas”.

Figura 2. Análisis DAFO de la programación didáctica y de la SdA.



Fuente: elaboración propia.

El análisis DAFO permite concluir que la programación presenta una base sólida desde el punto de vista curricular y metodológico. Entre las principales fortalezas destacan la coherencia entre los elementos que la componen, la contextualización de los contenidos enzimáticos en situaciones reales y la integración de actividades experimentales y comunicativas que favorecen un aprendizaje funcional. Del mismo modo, el bloque experimental y el congreso científico escolar hacen que la SdA adquiera un carácter aplicado y motivador, especialmente adecuado para Biología en Bachillerato.

No obstante, el análisis también permite identificar determinados factores que pueden condicionar la aplicación real de la propuesta. Entre las debilidades internas destacan la exigencia organizativa que supone desarrollar una SdA basada en ABP en 2.º de Bachillerato, la necesidad de planificar con detalle la fase experimental y la conveniencia de seleccionar contenidos clave para garantizar la viabilidad temporal del proyecto. En este sentido, aunque la SdA se ha diseñado priorizando la comprensión funcional de la actividad enzimática, algunos

aspectos de mayor complejidad, como la cinética enzimática avanzada o determinados mecanismos de regulación, quedan planteados de forma introductoria o integrados en otros momentos de la programación.

Entre las amenazas externas se sitúan factores propios del contexto de aplicación, como la presión del calendario académico, la preparación de la PAU, la disponibilidad real del laboratorio, los materiales y los reactivos, así como la posible variabilidad en la autonomía del alumnado, la dinámica de los grupos y la gestión del trabajo autónomo. Estos elementos no invalidan la propuesta, pero sí muestran la necesidad de aplicarla con flexibilidad, seguimiento docente y una planificación cuidadosa.

Junto con esta evaluación previa, resulta necesario contemplar una evaluación posterior de la programación didáctica en caso de implementación real. Esta fase permitiría comprobar hasta qué punto la temporalización prevista ha sido adecuada, si la metodología ha favorecido la participación y el aprendizaje del alumnado, si los recursos han resultado suficientes y funcionales y si la selección de actividades evaluables ha sido realista. A su vez, permitiría revisar si el producto final contribuye a consolidar los aprendizajes previstos o si, por el contrario, conviene introducir ajustes en futuras ediciones de la propuesta.

Para ello, se propone utilizar una escala de autoevaluación docente que permita valorar el funcionamiento de la programación tras su implementación, atendiendo a la coherencia de la secuencia didáctica, el ajuste temporal, el desarrollo del bloque experimental, la respuesta del alumnado, la utilidad de los instrumentos de evaluación y la adecuación del producto final (Anexo K).

De forma complementaria, la evaluación posterior podría incorporar también la percepción de los alumnos mediante un breve cuestionario final, orientado a recoger información sobre la calidad de las tareas, la utilidad del proyecto para comprender la actividad enzimática, la carga de trabajo asumida y el valor del congreso científico como cierre del proceso de aprendizaje. Este tipo de información no sustituye a la valoración del docente, pero sí permite enriquecerla y contrastarla con la experiencia real del grupo.

La evaluación de la programación didáctica se plantea como una herramienta de mejora continua, orientada no solo a valorar la consistencia de la propuesta de este TFM, sino

también a facilitar futuras revisiones y adaptaciones que aumenten su calidad, su aplicabilidad y su ajuste a la realidad del aula.

3. Conclusiones

El presente TFM ha tenido como objetivo principal diseñar una SdA integrada en una programación didáctica anual, para abordar el estudio de la actividad enzimática en la asignatura de Biología de 2.º de Bachillerato mediante una metodología basada en ABP y trabajo colaborativo. El TFM parte de una dificultad didáctica real como es la complejidad y el carácter abstracto de los contenidos relacionados con las enzimas y el metabolismo, que con frecuencia favorecen aprendizajes excesivamente memorísticos y poco funcionales.

A partir del trabajo realizado, se puede afirmar que el objetivo general se ha alcanzado de manera satisfactoria, ya que se ha desarrollado una propuesta didáctica coherente con el currículo vigente, metodológicamente fundamentada y ajustada a las características de la etapa de Bachillerato. Del mismo modo, los objetivos específicos planteados al inicio del trabajo han sido abordados de forma consistente a lo largo del TFM.

En primer lugar, se ha profundizado en las dificultades de aprendizaje asociadas a los contenidos de enzimas y metabolismo, tanto desde el punto de vista conceptual como didáctico. La revisión bibliográfica realizada ha permitido constatar que el alumnado presenta con frecuencia problemas para relacionar estructura y función proteica, interpretar modelos enzimáticos, comprender el papel de la catálisis o analizar gráficas de actividad enzimática. Estas dificultades justifican la necesidad de plantear propuestas metodológicas que superen una enseñanza demasiado expositiva y que acerquen los contenidos de bioquímica a experiencias de aprendizaje más activas, visuales y contextualizadas.

En segundo lugar, se ha analizado el potencial del ABP y del trabajo colaborativo como enfoques metodológicos adecuados para la materia de Biología en Bachillerato. La bibliografía confirma que estas metodologías favorecen la implicación del alumnado, la construcción activa del conocimiento, la interpretación de datos y el desarrollo de competencias científicas. En una etapa como 2.º de Bachillerato, este planteamiento resulta especialmente valioso cuando se combina con una guía docente clara y con una selección realista de actividades, tiempos y productos.

En tercer lugar, se ha diseñado una SdA centrada en el estudio experimental de la actividad enzimática y sus aplicaciones biotecnológicas, estructurada a lo largo de nueve sesiones y articulada en torno a un proyecto con sentido global. La propuesta integra trabajo conceptual, análisis de gráficas, diseño experimental, experimentación en laboratorio, interpretación de resultados, aplicación a contextos reales y comunicación científica mediante un congreso escolar. Este diseño permite trabajar contenidos propios del bloque de bioquímica de forma más significativa, conectando la teoría con aplicaciones próximas a la práctica científica y tecnológica actual.

También se ha elaborado un planteamiento evaluativo coherente con el enfoque competencial, distinguiendo entre evaluación diagnóstica, formativa y sumativa, y seleccionando evidencias evaluables realistas dentro del proyecto. Del mismo modo, se han previsto instrumentos para la evaluación de la propia programación, incorporando una reflexión crítica sobre su viabilidad y aspectos de mejora.

Uno de los principales valores de esta propuesta radica en que no presenta el estudio de las enzimas como un contenido aislado o exclusivamente teórico, sino como una oportunidad de desarrollar competencias científicas relevantes en Bachillerato como interpretar información, diseñar investigaciones escolares, argumentar con evidencias, comunicar resultados y aplicar el conocimiento a contextos reales. La SdA permite aproximar la Biología a una forma de trabajo más cercana a la ciencia real, sin perder de vista las exigencias curriculares ni la preparación del alumnado para estudios posteriores.

En resumen, este trabajo pone de manifiesto que es posible diseñar propuestas didácticas rigurosas, realistas y metodológicamente sólidas para trabajar contenidos complejos como la actividad enzimática en 2.º de Bachillerato. La intervención propuesta constituye una aportación útil desde el punto de vista didáctico, al ofrecer una alternativa fundamentada para abordar uno de los bloques más abstractos de la materia desde una perspectiva más aplicada, experimental y competencial.

4. Limitaciones y prospectiva

La principal limitación detectada durante la elaboración de este TFM ha sido el acceso parcial a determinadas fuentes bibliográficas, ya que algunas publicaciones científicas potencialmente relevantes se encontraban sujetas a restricciones de acceso. Por este motivo, la revisión bibliográfica se ha elaborado priorizando fuentes accesibles, documentos institucionales y artículos disponibles en bases de datos de acceso abierto. Aunque se ha intentado trabajar con referencias actuales y rigurosas, esta circunstancia puede haber condicionado parcialmente la amplitud de la fundamentación del trabajo.

A pesar de esta limitación, la propuesta abre varias líneas de prospectiva. La primera y más evidente sería su implementación en el aula, acompañada de un proceso sistemático de recogida de evidencias que permitiera valorar su impacto sobre cómo los alumnos asimilan los conceptos, cómo influye en su motivación y su capacidad para interpretar y comunicar resultados científicos. Una aplicación real permitiría comprobar qué fases funcionan mejor, qué ajustes temporales serían necesarios y cómo responde el alumnado a una propuesta de este tipo en una etapa tan exigente.

Otra línea futura de desarrollo podría ser la ampliación o adaptación de la SdA a otros bloques de contenido de Biología, especialmente aquellos que también presenten un alto nivel de abstracción, como pueden ser genética molecular, inmunología o regulación metabólica. Igualmente, la lógica metodológica (proyecto guiado → experimentación → análisis de datos → producto final científico) podría implementarse a otras materias del ámbito científico.

La programación podría enriquecerse a través de una conexión con agentes externos o contextos profesionales, por ejemplo, mediante visitas, colaboraciones puntuales o materiales elaborados a partir de experiencias reales de investigación y aplicación biotecnológica. Aunque en este trabajo esa dimensión se ha incorporado principalmente a través de casos contextualizados, su desarrollo futuro podría reforzar aún más la conexión entre ciencia escolar y práctica científica.

Finalmente, para futuras aplicaciones de esta programación, se podrían generar evidencias y resultados que fuesen compartidos con otros profesores o contextos educativos. La difusión de experiencias de este tipo contribuiría no solo a mejorar la práctica educativa en Biología,

sino también a fortalecer el intercambio de propuestas didácticas que se fundamenten en la enseñanza de contenidos complejos en Bachillerato.

En definitiva, la principal limitación de este trabajo se relaciona con el acceso parcial a determinadas fuentes bibliográficas, mientras que la propuesta abre nuevas posibilidades de aplicación, mejora y transferencia didáctica en el ámbito de la enseñanza de la Biología.

Referencias bibliográficas

Aguilera, D., & Perales-Palacios, F. J. (2020). What Effects Do Didactic Interventions Have on Students' Attitudes Towards Science? A Meta-Analysis. *Research in Science Education, 50, 573–597.* https://doi.org/10.1007/s11165-018-9702-2

Couto, A. (2025). Building biochemical concepts through project-based learning: A paradigmatic analysis*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 24(2), 230-242.*

Gil-Pérez, D. (Ed.). (2005). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica?: Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe.

Decreto 171/2022, de 20 de septiembre, de ordenación de las enseñanzas de bachillerato, *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*, núm. 8758, de 22 de septiembre de 2022.

Guerra-Reyes, F., Guerra-Dávila, E., Naranjo-Toro, M., Basantes-Andrade, A., & Guevara-Betancourt, S. (2024). Misconceptions in the Learning of Natural Sciences: A Systematic Review. *Education Sciences, 14(5), 497*. https://doi.org/10.3390/educsci14050497

Harlen, W. (2010). Principles and big ideas of science education. Association for Science Education.

Hornejas, J. S., & Guntalidad, J. A. A. (2024). Project-based learning approach on content mastery and cognitive skills: a pedagogical model for senior high school biology students. Sapienza: *International Journal of Interdisciplinary Studies, 5(2), e24034.* https://doi.org/10.51798/sijis.v5i2.763

Hussein, B. (2021). Addressing Collaboration Challenges in Project-Based Learning: The Student's Perspective. *Education Sciences, 11(8), 434*. https://doi.org/10.3390/educsci11080434

Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, *Boletín Oficial del Estado, núm. 106*, de 4 de mayo de 2006. https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2/con

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, *Boletín Oficial del Estado, núm. 340*, 30 de diciembre de 2020. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2020-17264

López, G., & Guerrero, R. (2012). El trabajo en equipo en el bachillerato: Algunas pistas para la participación efectiva de los jóvenes en prácticas educativas inclusivas. *Revista Latinoamericana De Educación Inclusiva, 6(2), 209–226.*

Ogundare, A. A., Bello, G., Adeoye, G. A., & Sulaiman, M. M. (2025). Remediating students' misconceptions in biology: A review*. International Journal of Education, 1*.

Putica, K. B. (2023). Development and validation of a four-tier test for the assessment of secondary school students' conceptual understanding of amino acids, proteins, and enzymes*. Research in Science Education, 53, 651–668.* https://doi.org/10.1007/s11165-022-10075-5

Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 82, de 6 de abril de 2022. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/04/05/243

Reinoso Tapia, R., Fernández, I., Bobo-Pinilla, J., & Delgado-Iglesias, J. (2023). Teaching digestive system: Spanish pre-service teacher's learning difficulties and alternative conceptions. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. https://doi.org/10.29333/ejmste/13037

Robinson, P. K. (2015). *Enzymes: principles and biotechnological applications. Essays in Biochemistry, 59, 1-41.* https://doi.org/10.1042/bse0590001

Sánchez-García, R., & Reyes-de-Cózar, S. (2025). Enhancing Project-Based Learning: A Framework for Optimizing Structural Design and Implementation—A Systematic Review with a Sustainable Focus. *Sustainability, 17(11), 4978. https*://doi.org/10.3390/su17114978

Sanmartí, N. (2020). Evaluar y aprender: un único proceso (3.ª ed.). Graó.

Santillana Educación. (2023). *Biologia 2n Batxillerat Mediterráneo. Construint Mons. Català Ed. 2023.* Santillana Educación.

Srinivasan B. (2021). Words of advice: teaching enzyme kinetics. *The FEBS journal*, *288*(7), 2068–2083. https://doi.org/10.1111/febs.15537

Syahmani, S., Rusmansyah, R., Leny, L., & Masila, R. (2025). Identifying Students' Undergraduate Concept Understanding and Misconceptions on Amino Acids, Proteins, and

Enzymes Using A Four-Tier Diagnostic Test. *Journal of Mathematics Science and Computer Education. 4. 145.* https://doi.org/10.20527/jmscedu.v4i2.13878

Zambrano Carpio, M. V., Landi Navarro, A. C., & Guzmán Hernández, R. (2025). Método científico y el trabajo en equipo en estudiantes del Bachillerato en Ciencias de la " Unidad Educativa Mercedes Aveiga de Zambrano". *Arandu UTIC, 12(4), 1507–1522.* https://doi.org/10.69639/arandu.v12i4.1761

Anexo A. Objetivos de etapa estatales y autonómicos

Objetivos de etapa estatales Real Decreto 243/2022 y el *Decret* 171/2022	
a	Ejercer la ciudadanía democrática, desde una perspectiva global, y adquirir una conciencia cívica responsable, inspirada por los valores de la Constitución Española, así como por los derechos humanos, que fomente la corresponsabilidad en la construcción de una sociedad justa y equitativa.
b	Consolidar una madurez personal, afectivo-sexual y social que les permita actuar de forma respetuosa, responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever, detectar y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales, así como las posibles situaciones de violencia.
c	Fomentar la igualdad efectiva de derechos y oportunidades de mujeres y hombres, analizar y valorar críticamente las desigualdades existentes, así como el reconocimiento y enseñanza del papel de las mujeres en la historia e impulsar la igualdad real y la no discriminación por razón de nacimiento, sexo, origen racial o étnico, discapacidad, edad, enfermedad, religión o creencias, orientación sexual o identidad de género o cualquier otra condición o circunstancia personal o social.
d	Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.
e	Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana y, en su caso, la lengua cooficial de su comunidad autónoma.
f	Expresarse con fluidez y corrección en una o más lenguas extranjeras.
g	Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.
h	Conocer y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo, sus antecedentes históricos y los principales factores de su evolución. Participar de forma solidaria en el desarrollo y mejora de su entorno social.
i	Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.
j	Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.
k	Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.
l	Desarrollar la sensibilidad artística y literaria, así como el criterio estético, como fuentes de formación y enriquecimiento cultural.
m	Utilizar la educación física y el deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Afianzar los hábitos de actividades físico-deportivas para favorecer el bienestar físico y mental, así como medio de desarrollo personal y social.
n	Afianzar actitudes de respeto y prevención en el ámbito de la movilidad segura y saludable.
o	Fomentar una actitud responsable y comprometida en la lucha contra el cambio climático y en la defensa del desarrollo sostenible.

Fuente: elaboración propia a partir de la información del Real Decreto 243/2022 y el *Decret* 171/2022. En color mostaza se resaltan los objetivos que se trabajan en la intervención.

Anexo B. Competencias clave

Competencias clave (CC)

CCL	**Competencia en comunicación lingüística** La competencia en comunicación lingüística supone interactuar de forma oral, escrita, signada o multimodal de manera coherente y adecuada en diferentes ámbitos y contextos y con diferentes propósitos comunicativos. Implica movilizar, de manera consciente, el conjunto de conocimientos, destrezas y actitudes que permiten comprender, interpretar y valorar críticamente mensajes orales, escritos, signados o multimodales evitando los riesgos de manipulación y desinformación, así como comunicarse eficazmente con otras personas de manera cooperativa, creativa, ética y respetuosa. La competencia en comunicación lingüística constituye la base para el pensamiento propio y para la construcción del conocimiento en todos los ámbitos del saber. Por ello, su desarrollo está vinculado a la reflexión explícita acerca del funcionamiento de la lengua en los géneros discursivos específicos de cada área de conocimiento, así como a los usos de la oralidad, la escritura o la signación para pensar y para aprender. Por último, hace posible apreciar la dimensión estética del lenguaje y disfrutar de la cultura literaria.
CP	**Competencia plurilingüe** La competencia plurilingüe implica utilizar distintas lenguas, orales o signadas, de forma apropiada y eficaz para el aprendizaje y la comunicación. Esta competencia supone reconocer y respetar los perfiles lingüísticos individuales y aprovechar las experiencias propias para desarrollar estrategias que permitan mediar y hacer transferencias entre lenguas, incluidas las clásicas, y, en su caso, mantener y adquirir destrezas en la lengua o lenguas familiares y en las lenguas oficiales. Integra, asimismo, dimensiones históricas e interculturales orientadas a conocer, valorar y respetar la diversidad lingüística y cultural de la sociedad con el objetivo de fomentar la convivencia democrática.
CMCCTE (STEM)	**Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM)** La competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (competencia STEM por sus siglas en inglés) entraña la comprensión del mundo utilizando los métodos científicos, el pensamiento y representación matemáticos, la tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno de forma comprometida, responsable y sostenible. La competencia matemática permite desarrollar y aplicar la perspectiva y el razonamiento matemáticos con el fin de resolver diversos problemas en diferentes contextos. La competencia en ciencia conlleva la comprensión y explicación del entorno natural y social, utilizando un conjunto de conocimientos y metodologías, incluidas la observación y la experimentación, con el fin de plantear preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas para poder interpretar y transformar el mundo natural y el contexto social. La competencia en tecnología e ingeniería comprende la aplicación de los conocimientos y metodologías propios de las ciencias para transformar nuestra sociedad de acuerdo con las necesidades o deseos de las personas en un marco de seguridad, responsabilidad y sostenibilidad.

Competencias clave (CC)

CD	**Competencia digital** La competencia digital implica el uso seguro, saludable, sostenible, crítico y responsable de las tecnologías digitales para el aprendizaje, para el trabajo y para la participación en la sociedad, así como la interacción con estas. Incluye la alfabetización en información y datos, la comunicación y la colaboración, la educación mediática, la creación de contenidos digitales (incluida la programación), la seguridad (incluido el bienestar digital y las competencias relacionadas con la ciberseguridad), asuntos relacionados con la ciudadanía digital, la privacidad, la propiedad intelectual, la resolución de problemas y el pensamiento computacional y crítico.
CPSAA	**Competencia personal, social y de aprender a aprender** La competencia personal, social y de aprender a aprender implica la capacidad de reflexionar sobre uno mismo para auto conocerse, aceptarse y promover un crecimiento personal constante; gestionar el tiempo y la información eficazmente; colaborar con otros de forma constructiva; mantener la resiliencia; y gestionar el aprendizaje a lo largo de la vida. Incluye también la capacidad de hacer frente a la incertidumbre y a la complejidad; adaptarse a los cambios; aprender a gestionar los procesos metacognitivos; identificar conductas contrarias a la convivencia y desarrollar estrategias para abordarlas; contribuir al bienestar físico, mental y emocional propio y de las demás personas, desarrollando habilidades para cuidarse a sí mismo y a quienes lo rodean a través de la corresponsabilidad; ser capaz de llevar una vida orientada al futuro; así como expresar empatía y abordar los conflictos en un contexto integrador y de apoyo.
CC	**Competencia ciudadana** La competencia ciudadana contribuye a que alumnos puedan ejercer una ciudadanía responsable y participar plenamente en la vida social y cívica, basándose en la comprensión de los conceptos y las estructuras sociales, económicas, jurídicas y políticas, así como en el conocimiento de los acontecimientos mundiales y el compromiso activo con la sostenibilidad y el logro de una ciudadanía mundial. Incluye la alfabetización cívica, la adopción consciente de los valores propios de una cultura democrática fundada en el respeto a los derechos humanos, la reflexión crítica acerca de los grandes problemas éticos de nuestro tiempo y el desarrollo de un estilo de vida sostenible acorde con los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados en la Agenda 2030.
CE	**Competencia emprendedora** La competencia emprendedora implica desarrollar un enfoque vital dirigido a actuar sobre oportunidades e ideas, utilizando los conocimientos específicos necesarios para generar resultados de valor para otras personas. Aporta estrategias que permiten adaptar la mirada para detectar necesidades y oportunidades; entrenar el pensamiento para analizar y evaluar el entorno, y crear y replantear ideas utilizando la imaginación, la creatividad, el pensamiento estratégico y la reflexión ética, crítica y constructiva dentro de los procesos creativos y de innovación; y despertar la disposición a aprender, a arriesgar y a afrontar la incertidumbre. Asimismo, implica tomar decisiones basadas en la información y el conocimiento y colaborar de manera ágil con otras personas, con motivación, empatía y habilidades de comunicación y de negociación, para llevar las

Competencias clave (CC)	
	ideas planteadas a la acción mediante la planificación y gestión de proyectos sostenibles de valor social, cultural y económico-financiero.
CCE	**Competencia en conciencia y expresión culturales** La competencia en conciencia y expresión culturales supone comprender y respetar el modo en que las ideas, las opiniones, los sentimientos y las emociones se expresan y se comunican de forma creativa en distintas culturas y por medio de una amplia gama de manifestaciones artísticas y culturales. Implica también un compromiso con la comprensión, el desarrollo y la expresión de las ideas propias y del sentido del lugar que se ocupa o del papel que se desempeña en la sociedad. Asimismo, requiere la comprensión de la propia identidad en evolución y del patrimonio cultural en un mundo caracterizado por la diversidad, así como la toma de conciencia de que el arte y otras manifestaciones culturales pueden suponer una manera de mirar el mundo y de darle forma.

Fuente: elaboración propia a partir de la información del Real Decreto 243/2022 y el Decret 171/2022. En color mostaza se resaltan los objetivos que se trabajan en la intervención.

Anexo C. Saberes básicos de Biología (2.º Bachillerato) según *Decret* 171/2022 (Cataluña).

Saberes básicos
Las biomoléculas y el metabolismo ***- Identificación de biomoléculas en función de su estructura química y relación de esta con las funciones que ejercen.*** ***- Clasificación de las biomoléculas según las funciones que ejercen.*** ***- Concepto de metabolismo. Comparación entre anabolismo y catabolismo.*** ***- Relación entre las características químicas y estructura y función biológica de las proteínas, analizando la importancia de su papel biocatalizador.*** ***- Visión general de los diferentes procesos implicados en la respiración celular anaeróbica (glucólisis y fermentación) y aeróbica (β-oxidación de los ácidos grasos, ciclo de Krebs, cadena de transporte de electrones y fosforilación oxidativa).*** ***- Análisis del significado biológico a escala molecular y celular de las principales rutas catabólicas. El metabolismo como forma de procesar la materia en energía.*** ***- Comparación entre metabolismo aeróbico y anaeróbico: cálculo comparativo del rendimiento energético y reflexión sobre la eficiencia de cada uno.*** ***- Análisis de las principales rutas de anabolismo heterótrofo (síntesis de aminoácidos, proteínas y ácidos grasos) y autótrofo (fotosíntesis y quimiosíntesis) y su importancia biológica.*** ***- Análisis de las fermentaciones como degradaciones parciales de las biomoléculas y su aplicación en la obtención de alimentos.***
Genética y ciclo celular ***- Relación entre las características químicas, la estructura y la función biológica de los diferentes tipos de ácidos nucleicos.*** ***- Análisis del mecanismo de replicación del ADN mediante el modelo procariota.*** ***- Análisis, utilizando un modelo procariota, de las etapas generales de la expresión génica y de las características del código genético, y resolución de problemas relacionados con estas.*** ***- Resolución de problemas de monohibridismo y dihibridismo en casos de herencia autosómica y ligada al sexo.*** ***- Interpretación de la evolución como un cambio en la frecuencia génica resolviendo problemas sencillos de genética cuantitativa.*** ***- Argumentación sobre la relación entre las mutaciones, la replicación del ADN, la evolución y la biodiversidad.*** ***- Valoración de la importancia de la regulación de la expresión génica en la diferenciación celular.*** ***- Comparación de las características generales del genoma y de la expresión génica en procariotas y eucariotas.*** ***- Secuenciación de las fases del ciclo celular y análisis de los mecanismos de regulación.*** ***- Comparación de la meiosis y la mitosis: fases y función.*** ***- Estudio del cáncer y la relación con las mutaciones y la alteración del ciclo celular.***

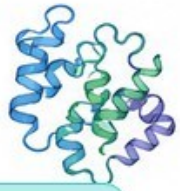
Los microorganismos y las formas acelulares ***- Diferenciación entre las bacterias y las arqueobacterias.*** ***- Comparación de algunas de las formas de metabolismo bacteriano y la importancia ecológica que tiene en las simbiosis y los ciclos biogeoquímicos.*** ***- Análisis de los microorganismos como agentes causales de las enfermedades infecciosas y reflexión sobre las zoonosis y epidemias.*** ***- Reconocimiento de la presencia de las bacterias en el microbiota, la vida cotidiana y sus aplicaciones. Uso de los microorganismos en procesos industriales: agricultura, farmacia, alimentación y biorremediación.*** ***- Técnicas de esterilización y aislamiento y cultivo de microorganismos.*** ***- Análisis de los mecanismos de transferencia genética horizontal en bacterias y del problema de la resistencia a antibióticos.*** ***- Comparación de las características y los mecanismos de infección de las diferentes formas acelulares (virus, viroides y priones) y su importancia biológica.***
Inmunología ***- Concepto de inmunidad. Aplicación en casos actuales e históricos relevantes. – Identificación de los diferentes tipos de barreras externas que dificultan la entrada de patógenos. Ejemplos relacionados con la vida cotidiana.*** ***- Diferenciación entre inmunidad innata y específica a partir de ejemplos relevantes.*** ***- Comparación entre los mecanismos de acción de la inmunidad humoral y celular. Aplicación en casos próximos al alumnado.*** ***- Comparación de los mecanismos de funcionamiento de la inmunidad artificial y natural, pasiva y activa. Efectos de la vacunación en los individuos y en las poblaciones en casos actuales e históricos relevantes.*** ***- Análisis de las fases de las enfermedades infecciosas a partir de casos próximos o de actualidad.*** ***- Principales patologías del sistema inmunitario: causas y relevancia clínica.***
Biotecnología ***- Análisis de las técnicas más relevantes de ingeniería genética (PCR, enzimas de restricción, clonación molecular, CRISPR-CAS9 y otras) y sus aplicaciones.*** ***- Argumentación sobre la importancia de la biotecnología y sus aplicaciones en diferentes ámbitos (salud, agricultura, medioambiente, nuevos materiales, industria alimentaria, etc.) destacando el papel de los microorganismos.***
Evolución ***- Justificación de la evolución como un hecho.*** ***- Revisión de los antecedentes históricos: lamarckismo y darwinismo.*** ***- Identificación y análisis de las fuentes de la variabilidad genética: mutaciones y recombinación genética.*** ***- Perspectivas actuales sobre los mecanismos evolutivos.***

Fuente: elaboración propia a partir de la información del *Decret* 171/2022 (Normativa estatal de referencia: Real Decreto 243/2022, que establece la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato).

Anexo D. Guía del proyecto

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA Y SUS APLICACIONES BIOTECNOLÓGICAS



Pregunta guía

¿Cómo optimizar el funcionamiento de una enzima para su aplicación en un contexto biotecnológico real?

Congreso científico

Proyecto de investigación con presentación final en un congreso científico escolar.



1

¿QUÉ VAMOS A HACER?

La tarea del equipo investigador consiste en:

- ❑ Estudiar el funcionamiento de un enzima
- ❑ Diseñar un experimento
- ❑ Obtener y analizar datos
- ❑ Aplicar los resultados a un caso real
- ❑ Comunicación en un congreso científico escolar

Objetivos

- ✓ Comprender como funcionan las enzimas y factores que influyen en su actividad.
- ✓ Diseñar y realizar un experimento controlado.
- ✓ Interpretar resultados en aplicaciones reales.
- ✓ Comunicar el trabajo científico clara y rigurosamente.

2

FASES DEL PROYECTO

1. Planteamiento del reto
2. Comprensión del funcionamiento enzimático
3. Interpretación de gráficas
4. Diseño experimental
5. Experimentación en laboratorio
6. Análisis de resultados
7. Aplicación a contextos reales
8. Elaboración del póster
9. Congreso científico escolar

3

NUESTRO TRABAJO COMO INVESTIGADORES

PREGUNTA	HIPÓTESIS	EXPERIMENTO	DATOS	CONCLUSIONES
¿Qué queremos saber?	¿Qué creemos que va a ocurrir?	¿Cómo lo vamos a comprobar?	¿Qué resultados obtenemos?	¿Qué podemos afirmar?

VARIABLES EN UN EXPERIMENTO

Independiente	Dependiente	Controladas
Modificada a propósito (Temperatura)	Se mide como resultado (Actividad enzimática)	Son constantes (pH, concentración, tiempo)

4

DIARIO DEL PROYECTO

El equipo registra el trabajo de cada fase.

Fecha	Fase	Decisión	Problema	Solución

Reflexión final del equipo

¿Qué hemos aprendido? ¿Qué mejoramos? ¿Cómo aplicar lo aprendido en otros contextos?

5

PRODUCTOS FINALES

Póster científico. Debe incluir titulo, introducción, objetivos, hipòtesis, materiales y métodos, resultados (tablas y gráficas) y referencias.

Defensa oral breve. Presentación de 5-7 min en el congreso científico escolar. Recordad: claridad, rigor científico y buen uso del lenguaje.

***Abstract* previo.** Resumen breve (250-300 palabras) que recoge los elementos clave del proyecto. Será revisado antes del congreso.

6

¿Qué se espera del equipo?

- Participación activa
- Trabajo colaborativo
- Toma de decisiones fundamentadas
- Lenguaje científico adecuado
- Rigor análisis resultados
- Actitud responsable en todo el proyecto

Buscamos entender, cuestionar, investigar y comunicar ciencia como investigadores.

Anexo E. Ficha del diseño experimental

FICHA DE DISEÑO EXPERIMENTAL
Proyecto: Estudio experimental de la actividad enzimàtica y sus aplicacions biotecnológicas

Grupo:.....
Integrantes:.....
.....
Enzima seleccionada:.....
Variable de estudio: .....

¿Qué queremos comprobar? Formula aquí la pregunta o problema que queréis investigar. Debe estar relacionado con la enzima seleccionada y con la variable que vais a estudiar. *Ejemplo: ¿Cómo influye la temperatura en la actividad enzimática?*		**Hipótesis. ¿Qué creéis que ocurrirá?** Redacta una hipótesis clara y concreta. Debe relacionar la variable que vais a modificar con el efecto esperado en la actividad enzimática. *Ejemplo: Si aumenta la temperatura hasta un valor moderado, la actividad catalasa aumentará.*
Justificación de la hipótesis Explica brevemente por qué creéis que se cumplirá vuestra hipótesis. Relaciona la respuesta con el funcionamiento de la enzima y lo trabajado en clase *Ejemplo: Las enzimas funcionan mejor en determinadas condiciones, pero pierden actividad si estas cambian demasiado.*		**Predicción. ¿Qué resultado esperáis obtener?** Indicad qué resultado esperáis observar si vuestra hipótesis es correcta. Intentad concretar la tendencia o la mejor condición de la enzima. *Ejemplo: Esperamos observar más actividad enzimática a temperatura media que en frío o en calor extremo.*
Variable independiente. ¿Qué factor vais a modificar? Escribe aquí el factor que vais a cambiar de forma intencionada en el experimento. *Ejemplo: Temperatura, pH, concentración de sustrato.*	**Variable dependiente. ¿Qué vais a medir para valorar la actividad enzimática?** Se debe registrar de forma clara. *Ejemplo: Cantidad de espuma producida, tiempo de reacción, cambio de color.*	**Variables controladas. ¿Qué factores vais a mantener constantes para que el experimento sea válido?** *Ejemplo: Cantidad de muestra, volumen de reactivo, tiempo de reacción, concentración inicial.*
Riesgos y seguridad. Medidas de seguridad. ¿Qué riesgos puede tener el experimento y cómo evitarlos? *Ejemplo: Uso guantes, gafas, manipulación de reactivos con cuidado, limpieza del espacio, supervisión del docente.*	**Esquema o diagrama.** Realiza un esquema sencillo del proceso experimental. Indica la muestra utilizada, la variable que se modifica, condiciones comparadas y qué resultado vais a medir.	
Materiales y reactivos. ¿Qué necesitáis para llevar a cabo el experimento? Enumera el material de laboratorio y los reactivos o muestras necesarios. *Ejemplo: Trozos de patata, agua oxigenada, tubos de ensayo, termómetro, cronómetro, gradilla. etc.*	**Procedimiento experimental.** Describir de forma ordenada y clara los pasos que vais a seguir. El procedimiento debe ser comprensible, viable y permitir repetir el experimento. 1. *Preparar las muestras.* 2. *Aplicar las distintas condiciones de la variable.* 3. *Añadir sustrato* 4. *Observar y registrar el resultado.* 5. *Comprobar los datos obtenidos.*	
Rocogida de datos. ¿Cómo vais a registrar los resultados? Se puede usar una tabla, medidas de tiempo, cantidades observadas o cualquier criterio adecuado. *Mediante una tabla de datos y una gráfica posterior.*		

Anexo F. Hoja recogida de datos y análisis de resultados

HOJA DE RECOGIDA DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS
Proyecto: Estudio experimental de la actividad enzimàtica y sus aplicacions biotecnológicas

Grupo:.....
Integrantes:.....
.....
Enzima estudiada:.....
Variable analizada: .....
Fecha:.....

1. Registro de datos experimentales.

Tabla de resultados.

Ensayo	Condición aplicada	Resultado obtenido	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			

2. Representación gráfica de los resultados

Título de la gráfica:
Eje X (variable independiente):
Eje Y (variable dependiente):
Gráfica (puede elaborarse a mano o incorporarse digitalmente si se utiliza hoja de cálculo)

3. Análisis de resultados

a) ¿Qué tendencia se observa en los datos?

Describe brevemente cómo cambia la actividad enzimática en función de la variable estudiada.

b) ¿En qué condición parece funcionar mejor la enzima?

Indica la condición que muestra la mayor actividad y justifica tu respuesta a partir de los datos.

c) ¿Se confirma la hipótesis inicial? ¿Por qué?

Relaciona la hipótesis con los resultados obtenidos.

d) ¿Qué explicación científica podéis dar a los resultados?

Justifica la tendencia observada utilizando los conceptos trabajados sobre la actividad enzimática.

4. Conclusión

Redacta una conclusión breve y fundamentada. Debe responder a la pregunta planteada en el experimento y apoyarse en los resultados obtenidos.

5. Limitaciones del experimento

¿Qué dificultades o limitaciones ha tenido la práctica? Por ejemplo: control de variables, precisión de la medida, tiempo disponible, número de repeticiones, etc.

6. Propuestas de mejora

¿Qué cambiaríais si repitierais el experimento? (Posibles mejoras para obtener resultados más fiables o claros).

7. Aplicación al contexto real

¿Cómo se relacionan vuestros resultados con la aplicación biotecnológica trabajada por el grupo?

Anexo G: Fichas de casos reales de aplicación biotecnológica



Caso 1. Enzimas y nutrición animal

En la producción animal, determinadas enzimas se utilizan como aditivos en los piensos para mejorar la digestión y favorecer un mejor aprovechamiento de los nutrientes. Esto permite que los animales utilicen con mayor eficacia los componentes del alimento y, en algunos casos, puede contribuir a reducir la excreción de sustancias no aprovechadas, disminuyendo así el impacto ambiental del proceso productivo.
En este contexto, optimizar la actividad de una enzima resulta especialmente importante, ya que su eficacia depende de factores como la temperatura, el pH o la concentración del sustrato. Una enzima que funcione mejor en determinadas condiciones puede aumentar el rendimiento del proceso y reducir pérdidas.

1. ¿Qué relación existe entre vuestro experimento y este contexto aplicado?
2. ¿Qué condición consideráis más importante para optimizar la enzima en este caso?
3. ¿Qué beneficio podría aportar una enzima mejor optimizada en nutrición animal?



Caso 2. Enzimas y fermentación alimentaria

Las enzimas desempeñan un papel esencial en numerosos procesos de fermentación utilizados en la industria alimentaria. Durante estos procesos, ayudan a transformar determinados compuestos y a modificar características del producto final, como el sabor, la textura o la velocidad del proceso. En sistemas de fermentación, controlar variables como la temperatura o el pH resulta fundamental para que las enzimas mantengan una actividad adecuada.
Comprender cómo cambia la actividad enzimática en función de estas condiciones resulta clave para explicar por qué algunos procesos fermentativos son más eficaces que otros y cómo pueden mejorarse desde un punto de vista biotecnológico.

1. ¿Qué variable estudiada en vuestro experimento podría tener más relevancia en este contexto?
2. ¿Cómo podrían aplicarse vuestros resultados a un proceso de fermentación?
3. ¿Qué recomendación haríais para mejorar el funcionamiento enzimático?



Caso 3. Enzimas en entornos fríos o extremos

Algunos organismos que viven en ambientes extremos producen enzimas capaces de funcionar en condiciones poco favorables para otras proteínas, como temperaturas muy bajas o medios con características fisicoquímicas particulares. Estas enzimas despiertan interés en biotecnología porque pueden utilizarse en procesos industriales específicos, especialmente cuando se desea trabajar a baja temperatura o ahorrar energía.
El estudio de la actividad enzimática en función de la temperatura permite comprender por qué algunas enzimas conservan su eficacia en condiciones extremas y qué aplicaciones podrían tener en distintos ámbitos tecnológicos y ambientales.

1. ¿Qué os sugieren vuestros resultados sobre el efecto de la temperatura en la actividad enzimática?
2. ¿Por qué podría ser útil una enzima activa a bajas temperaturas?
3. ¿Qué relación encontráis entre vuestro experimento y este tipo de aplicaciones?



Caso 4. Enzimas, sostenibilidad y bioconversión

Las enzimas pueden emplearse en procesos de transformación de materia orgánica en productos útiles, favoreciendo estrategias de aprovechamiento de residuos y modelos más sostenibles de producción. Este tipo de aplicaciones resulta especialmente interesante en el marco de la economía circular, ya que permite reducir desperdicios y mejorar la eficiencia de determinados procesos biotecnológicos.
En estos contextos, conocer las condiciones óptimas de funcionamiento enzimático es fundamental para aumentar el rendimiento del proceso y garantizar que la transformación de la materia se produzca de forma eficaz.
Preguntas para el grupo

1. ¿Cómo puede contribuir la optimización de una enzima a un proceso más sostenible?
2. ¿Qué conexión existe entre vuestros resultados y este caso real?
3. ¿Qué mejora concreta propondríais a partir de vuestro experimento?

Anexo H. Plantilla del *abstract* y lista de cotejo de aceptación

CONGRESO CIENTÍFICO ESCOLAR DE ENZIMAS I
FORMULARIO ENTREGA ABSTRACT

Grupo/ autores

Título trabajo

Enzima estudiada

Variable analizada

Palabras clave

Abstract (150 – 200 palabras)

Lista de cotejo de aceptación del abstract

Criterio	Sí	No
El título es claro y se corresponde con el trabajo realizado	☐	☐
El abstract presenta el objetivo del estudio	☐	☐
Se describe brevemente el método	☐	☐
Incluye los resultados principales obtenidos	☐	☐
La conclusión es coherente	☐	☐
Se relaciona el trabajo con un contexto real o aplicación biotecnológica	☐	☐
El lenguaje empleado es claro y adecuado al contexto científico	☐	☐
La extensión se ajusta aproximadamente a 150–200 palabras	☐	☐
Incluye entre 3 y 5 palabras clave	☐	☐

Observaciones del profesor
(Indicar que aspecto revisar antes de la aceptación definitiva)

Anexo I. Instrucciones del póster científico

Título claro, breve e informativo
(debe indicar la enzima estudiada y el contexto analizado)

Los avances no serían posibles sin investigación. Es importante informar a la comunidad sobre la información más reciente. Una forma de hacerlo es a través de los pósteres de investigación.

AUTORES

Grupo: ¡Siéntete orgulloso de tu trabajo! Añade los nombres de las personas involucradas en este estudio.
Enzima estudiada
Variable analizada

INTRODUCCIÓN

Los pósteres son un método popular de presentar los resultados de una investigación de forma concisa y agradable a la vista. Se usan comúnmente en conferencias y reuniones. Comienza presentando el tema de tu investigación .
¿Cuáles son las preguntas a responder sobre este tema de investigación? ¿Con qué cosas nuevas puede contribuir a la bibliografía existente?

HIPÓTESIS

> Es importante que tus lectores sepan lo que esperas que ocurra en tu investigación y por qué. Indícalo de la forma más clara posible.

BIBLIOGRAFÍA RELACIONADA

La investigación con frecuencia se basa en algo que ya existe. Cita las referencias clave que hayas revisado al realizar tu estudio.

DISEÑO EXPERIMENTAL

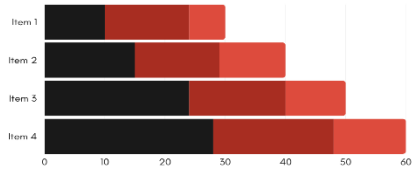
Informa cómo hiciste tu estudio, cómo se ha planteado el experimento.

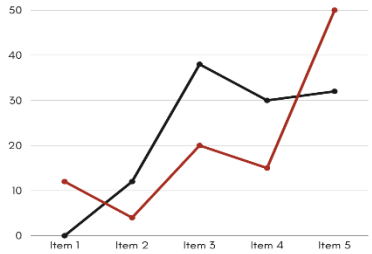


Escribe un pie de foto que explique claramente de qué se trata este gráfico y cómo se relaciona con el estudio.

RESULTADOS/INTERPRETACIÓN

Los resultados la investigación y deben responder a la pregunta o hipótesis planteada en la introducción. Expón los hallazgos de tu estudio.





Las gráficas son de gran ayuda para hacer que los números sean más fáciles de comprender.

CONCLUSIÓN

Resumen del estudio brevemente. Debe responder al objetivo del trabajo y recoger la idea principal que se extrae del experimento. Puede incluir si existe alguna acción o recomendación para estudios futuros.

Anexo J. Instrucciones de evaluación

- Anexo J1. Rúbrica de diseño experimental

Criterio de evaluación	Indicador de logro	AE (4)	AN (3)	AS (2)	NA (1)
3.3 / 4.1	**Hipótesis y objetivo**	El objetivo y la hipótesis están formulados con claridad y coherencia.	El objetivo y la hipótesis son adecuados, aunque presentan alguna imprecisión menor.	El objetivo o la hipótesis están poco claros o formulados de manera incompleta.	No se formula adecuadamente el objetivo o la hipótesis es confusa o incoherente.
3.3	**Identificación de variables**	Identifica correctamente la variable independiente, dependiente y las variables de control.	Identifica la mayoría de las variables correctamente.	Identifica solo algunas variables o presenta errores en su clasificación.	No identifica adecuadamente las variables del experimento.
3.3 / 4.1	**Procedimiento experimental**	El procedimiento está descrito de forma ordenada, clara y viable.	El procedimiento es adecuado, aunque le falta algo de precisión o detalle.	El procedimiento es incompleto o poco claro.	El procedimiento no resulta viable o es confuso.
4.1	**Coherencia del diseño**	El diseño responde claramente al problema planteado y permite comprobar la hipótesis.	El diseño es coherente con la hipótesis, aunque presenta algún aspecto mejorable.	El diseño responde solo parcialmente al problema o presenta dudas de coherencia.	El diseño no se ajusta al problema planteado ni permite comprobar la hipótesis.
3.3	**Presentación y lenguaje científico**	Presenta el diseño de forma ordenada y con lenguaje científico adecuado.	Presenta el diseño de forma clara, aunque con pequeñas imprecisiones.	La presentación es mejorable y el lenguaje científico se usa de forma limitada.	La presentación es confusa o el lenguaje científico es inapropiado.

Fuente: elaboración propia. AE = Adquisición excelente, AN = Adquisición notable, AS = Adquisición satisfactoria, NA = No adquisición

- Anexo J2. Rúbrica de análisis de resultados

Criterio de evaluación	Indicador de logro	AE (4)	AN (3)	AS (2)	NA (1)
3.5	**Organización de los datos**	Registra y organiza los datos de forma clara, ordenada y completa.	Registra y organiza bien los datos, con alguna pequeña imprecisión.	Organiza los datos de forma parcial o mejorable.	Los datos aparecen desordenados, incompletos o poco claros.
3.5	**Representación gráfica**	La gráfica está correctamente construida y permite interpretar claramente los resultados.	La gráfica es adecuada, aunque presenta algún pequeño error.	La gráfica es mejorable o contiene varios errores.	La gráfica es incorrecta o no permite interpretar los datos.
3.5	**Interpretación de resultados**	Interpreta los resultados con rigor y extrae conclusiones coherentes.	Interpreta adecuadamente los resultados, con alguna limitación menor.	La interpretación es parcial o poco precisa.	No interpreta correctamente los resultados o extrae conclusiones incoherentes.
1.3	**Relación con la hipótesis**	Contrasta de forma clara los resultados con la hipótesis inicial.	Relaciona los resultados con la hipótesis de forma adecuada.	La relación con la hipótesis es poco clara o superficial.	No establece relación entre los resultados y la hipótesis.
4.2	**Propuestas de mejora**	Identifica limitaciones del experimento y propone mejoras razonadas.	Reconoce algunas limitaciones y propone alguna mejora.	Identifica de forma superficial las limitaciones o las mejoras.	No identifica limitaciones ni propone mejoras.
1.3	**Lenguaje científico**	Utiliza lenguaje científico claro, preciso y adecuado.	Utiliza un lenguaje adecuado con pequeñas imprecisiones.	El lenguaje es comprensible, aunque poco preciso.	El lenguaje es inadecuado o muy impreciso.

Fuente: elaboración propia. AE = Adquisición excelente, AN = Adquisición notable, AS = Adquisición satisfactoria, NA = No adquisición

- Anexo J3. Rúbrica del póster científico

Criterio de evaluación	Indicador de logro	AE (4)	AN (3)	AS (2)	NA (1)
1.2	**Estructura y organización**	El póster está muy bien organizado, con apartados claros y orden lógico.	El póster está bien organizado, aunque puede mejorar algún aspecto.	La estructura es aceptable, pero poco clara o desequilibrada.	El póster presenta una organización deficiente o confusa.
1.2	**Rigor científico**	La información es rigurosa, precisa y bien relacionada con el trabajo realizado.	La información es correcta, con alguna imprecisión menor.	La información es parcialmente correcta o poco desarrollada.	El contenido es insuficiente o presenta errores relevantes.
3.5	**Representación de resultados**	Incluye gráficas o tablas claras, bien presentadas y útiles para interpretar los datos.	Incluye una representación adecuada, aunque mejorable.	La representación de los resultados es poco clara o incompleta.	No presenta adecuadamente los resultados.
5.2	**Aplicación real**	Relaciona de forma clara el trabajo con el contexto biotecnológico estudiado.	La aplicación real aparece bien integrada, aunque de manera algo limitada.	La relación con el contexto real es superficial.	No se establece relación con la aplicación real.
1.2	**Presentación visual**	El diseño es claro, equilibrado y facilita la lectura del contenido.	La presentación es adecuada, con algún aspecto mejorable.	La presentación resulta poco clara o recargada.	La presentación dificulta la comprensión del póster.

Fuente: elaboración propia. AE = Adquisición excelente, AN = Adquisición notable, AS = Adquisición satisfactoria, NA = No adquisición

- Anexo J4. Rúbrica de exposición oral

Criterio de evaluación	Indicador de logro	AE (4)	AN (3)	AS (2)	NA (1)
1.3	**Claridad expositiva**	Expone con orden, claridad y fluidez.	Expone de forma clara, aunque con alguna duda o vacilación.	La exposición es comprensible, pero poco fluida.	La exposición resulta confusa o desordenada.
1.3	**Dominio del contenido**	Demuestra dominio claro del trabajo realizado y de sus resultados.	Demuestra buen conocimiento del trabajo, con alguna limitación menor.	Muestra conocimiento parcial del trabajo.	Muestra escaso dominio del contenido.
1.3	**Uso del lenguaje científico**	Utiliza terminología científica adecuada y precisa.	Utiliza un lenguaje correcto, con pequeñas imprecisiones.	El lenguaje es comprensible, aunque poco preciso.	El lenguaje es muy impreciso o inadecuado.
1.3 / 5.2	**Argumentación de conclusiones**	Justifica sus conclusiones con evidencias y razonamientos claros.	Justifica adecuadamente sus conclusiones.	La argumentación es superficial o poco clara.	No argumenta adecuadamente sus conclusiones.
1.3	**Respuesta a preguntas**	Responde con seguridad y coherencia a las preguntas planteadas.	Responde de forma adecuada, aunque con alguna duda.	Responde de forma limitada o poco precisa.	No responde o lo hace de forma incorrecta.

Fuente: elaboración propia. AE = Adquisición excelente, AN = Adquisición notable, AS = Adquisición satisfactoria, NA = No adquisición

- Anexo J5. Lista de control inicial

Criterio de evaluación	Indicador de logro	Sí	No
1.1	Participa en la actividad inicial	☐	☐
1.1	Expresa ideas previas sobre qué es una enzima	☐	☐
1.1	Identifica al menos un factor que puede afectar a la actividad enzimática	☐	☐
1.1 / 1.2	Relaciona las enzimas con contextos reales o biotecnológicos	☐	☐
1.1	Formula alguna pregunta o hipótesis inicial sobre la actividad enzimática	☐	☐

Fuente: elaboración propia.

Anexo J6. Autoevaluación y coevaluación

AUTOEVALUACIÓN DEL ALUMNADO

Criterio de evaluación	Indicador de logro	1	2	3	4
3.6	He participado de forma activa en el desarrollo del proyecto.	☐	☐	☐	☐
6.1 / 6.3	He comprendido mejor cómo funciona la actividad enzimática.	☐	☐	☐	☐
3.6	He aportado ideas útiles al trabajo del grupo.	☐	☐	☐	☐
3.5	He sido capaz de interpretar los resultados obtenidos.	☐	☐	☐	☐
3.6	He trabajado de manera responsable durante el proyecto.	☐	☐	☐	☐

Reflexión personal

¿Qué aspecto de mi trabajo ha sido mejor?

¿Qué debería mejorar?

COEVALUACIÓN ENTRE IGUALES

Criterio de evaluación	Indicador de logro	1	2	3	4
3.6	El grupo ha trabajado de forma organizada.	☐	☐	☐	☐
3.6	La participación entre los miembros del grupo ha sido equilibrada.	☐	☐	☐	☐
3.6 / 4.2	Las decisiones se han tomado de forma razonada y compartida.	☐	☐	☐	☐
1.2 /5.2	El producto final refleja el trabajo realizado por el grupo.	☐	☐	☐	☐
1.3	La presentación final ha sido clara y bien defendida.	☐	☐	☐	☐

Valoración del grupo

Aspecto fuerte del grupo:

Aspecto para mejorar:

Fuente: elaboración propia. Valorar de 1 a 4 donde 1 = poco y 4 = mucho.

Anexo K. Escala de autoevaluación docente

1. PLANIFICACIÓN Y COHERENCIA

Ítem	1	2	3	4	5
La secuenciación de la SdA ha sido coherente con los objetivos de aprendizaje planteados.	☐	☐	☐	☐	☐
La temporalización prevista ha resultado realista y ajustada al ritmo del grupo.	☐	☐	☐	☐	☐
La relación entre saberes básicos, actividades, metodología y evaluación ha sido coherente.	☐	☐	☐	☐	☐
La propuesta ha sido viable dentro del marco temporal y organizativo de 2.º de Bachillerato.	☐	☐	☐	☐	☐

2. DESARROLLO METODOLÓGICO

Ítem	1	2	3	4	5
El enfoque basado en proyectos ha favorecido la implicación del alumnado.	☐	☐	☐	☐	☐
El trabajo colaborativo ha funcionado adecuadamente dentro de los grupos.	☐	☐	☐	☐	☐
La combinación entre explicación guiada, experimentación y producto final ha sido adecuada.	☐	☐	☐	☐	☐
La pregunta guía ha resultado útil para dar sentido al desarrollo del proyecto.	☐	☐	☐	☐	☐

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL Y USO DE RECURSOS

Ítem	1	2	3	4	5
La sesión doble de laboratorio ha sido suficiente para desarrollar el bloque experimental con rigor.	☐	☐	☐	☐	☐
Los materiales y recursos disponibles han sido adecuados para la realización del experimento.	☐	☐	☐	☐	☐
La organización del laboratorio ha favorecido un desarrollo seguro y funcional de la actividad.	☐	☐	☐	☐	☐
El alumnado ha comprendido el sentido del trabajo experimental dentro del proyecto.	☐	☐	☐	☐	☐

4. APRENDIZAJE DEL ALUMNADO

Ítem	1	2	3	4	5
El alumnado ha mejorado su comprensión sobre la actividad enzimática y los factores que la condicionan.	☐	☐	☐	☐	☐
El alumnado ha sido capaz de interpretar resultados y extraer conclusiones fundamentadas.	☐	☐	☐	☐	☐
La conexión con contextos reales ha contribuido a un aprendizaje más significativo.	☐	☐	☐	☐	☐
El producto final ha permitido integrar adecuadamente los aprendizajes desarrollados.	☐	☐	☐	☐	☐

5. EVALUACIÓN

Ítem	1	2	3	4	5
Los instrumentos de evaluación empleados han sido adecuados para valorar el aprendizaje del alumnado.	☐	☐	☐	☐	☐
La selección de evidencias evaluables ha sido realista y suficiente.	☐	☐	☐	☐	☐
La retroalimentación proporcionada durante el proceso ha contribuido a mejorar el trabajo del alumnado.	☐	☐	☐	☐	☐
La evaluación final ha reflejado de forma equilibrada el proceso y el producto del proyecto.	☐	☐	☐	☐	☐

6. ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD

Ítem	1	2	3	4	5
Las medidas previstas han facilitado la participación del alumnado con distintos ritmos y necesidades.	☐	☐	☐	☐	☐
Los apoyos y materiales utilizados han contribuido a reducir barreras de aprendizaje.	☐	☐	☐	☐	☐
La propuesta ha permitido combinar exigencia académica e inclusión educativa.	☐	☐	☐	☐	☐

7. VALORACIÓN GLOBAL

Ítem	1	2	3	4	5
En conjunto, la programación y la SdA han resultado coherentes y adecuadas para 2.º de Bachillerato.	☐	☐	☐	☐	☐
Volvería a aplicar esta propuesta introduciendo únicamente ajustes menores.	☐	☐	☐	☐	☐

PREGUNTAS ABIERTAS DE REFLEXIÓN DOCENTE:

1. ¿Qué aspecto de la programación o de la SdA ha funcionado mejor?

   .....
   .....
   .....

2. ¿Qué dificultades han surgido durante el desarrollo?

   .....
   .....
   .....

3. ¿Qué cambios introduciría en una futura aplicación?

   .....
   .....
   .....

4. ¿Qué actividades han resultado más útiles para favorecer el aprendizaje de los alumnos?

   .....
   .....
   .....

5. ¿Ha sido adecuada la distribución temporal de la SdA? ¿Qué modificaría?

   .....
   .....
   .....

Fuente: elaboración propia. Valora los ítems del 1 al 5 donde: 1=Muy en desacuerdo, 2=En desacuerdo, 3=Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4=de acuerdo, 5=muy de acuerdo.