



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

Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de los ácidos
nucleicos mediante la integración de la Gamificación en el
Aprendizaje Basado en Problemas

Programación para el módulo de Biología Molecular y Citogenética
del primer curso del Ciclo Formativo de Grado Superior de Técnico
Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico

Trabajo fin de estudio presentado por:	Irene Aramendia Leirado
Tipo de trabajo:	Programación didáctica
Especialidad:	Biología y Geología
Director/a:	Fátima Rodríguez López
Fecha:	3 de junio de 2026

Resumen

La creciente relevancia de la Biología Molecular en ámbitos como el diagnóstico clínico y la investigación biomédica ha incrementado la necesidad de formar profesionales capaces de aplicar e interpretar técnicas moleculares como la PCR y la electroforesis de ácidos nucleicos. Sin embargo, la enseñanza de estos contenidos presenta dificultades derivadas de su carácter abstracto y de su frecuente abordaje desde perspectivas excesivamente procedimentales.

En respuesta a ello, la presente programación didáctica tiene como objetivo general diseñar una unidad de trabajo integrada en el módulo de Biología Molecular y Citogenética del ciclo formativo de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico, para formar al alumnado en aplicación de la PCR y electroforesis de ácidos nucleicos mediante la integración de la gamificación en el Aprendizaje Basado en Problemas. Concretamente, esta unidad se contextualiza en una investigación forense simulada, en la que el estudiante debe trabajar cooperativamente desarrollando prácticas de laboratorio y analizando resultados, para obtener un código final que le permita resolver el problema inicial mediante la elaboración de un informe técnico-pericial.

El diseño de esta programación destaca por su apuesta por las metodologías activas y por favorecer el desarrollo de las competencias técnicas, científicas y sociales vinculadas al entorno profesional.

Palabras clave: *ABP, gamificación, PCR, electroforesis y formación profesional.*

Abstract

The growing relevance of Molecular Biology in fields such as clinical diagnosis and biomedical research has increased the need to train professionals capable of applying and interpreting molecular techniques such as PCR and nucleic acid electrophoresis. However, teaching these contents presents difficulties derived from their abstract nature and their frequent approach from excessively procedural perspectives.

In response to this need, the main objective of this didactic programme is to design a unit integrated into the Molecular Biology and Cytogenetics module of the Higher Technician in Clinical and Biomedical Laboratory vocational training programme, aimed at training students in the application of PCR and nucleic acid electrophoresis through the integration of gamification into Problem-Based Learning. Specifically, this unit is contextualised within a simulated forensic investigation in which students are required to work cooperatively by carrying out laboratory practices and analysing results in order to obtain a final code that enables them to solve the initial problem through the production of a technical forensic report.

The design of this program stands out for its commitment to active methodologies and for promoting the development of technical, scientific and social skills linked to the professional environment.

Keywords: *PBL, gamification, PCR, electrophoresis and Vocational Education and Training.*

Índice de contenidos

1.	Introducción	9
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.....	15
2.1.	Presentación de la Programación didáctica	15
2.2.	Contextualización	17
2.2.1.	Entorno.....	17
2.2.2.	Centro educativo	18
2.2.3.	Módulo profesional de Biología Molecular y Citogenética	19
2.2.4.	Destinatarios	20
2.3.	Elementos curriculares.....	21
2.3.1.	Objetivos	21
2.3.2.	Competencias.....	23
2.3.3.	Contenidos	24
2.3.4.	Relación entre elementos curriculares.....	26
2.4.	Metodología	27
2.4.1.	Metodologías aplicadas en el módulo profesional de Biología Molecular y Citogenética	27
2.4.2.	Metodologías aplicadas en la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	31
2.5.	Organización de los espacios de aprendizaje	33
2.6.	Distribución del tiempo.....	35
2.7.	Selección y organización de los recursos y materiales	38
2.7.1.	Recursos espaciales	38

2.7.2.	Recursos personales	38
2.7.3.	Materiales y equipamiento de laboratorio	38
2.7.4.	Recursos y herramientas digitales y tecnológicas	40
2.7.5.	Materiales didácticos	40
2.8.	Atención a la diversidad	41
2.9.	Evaluación	45
2.10.	Unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	48
2.11.	Evaluación de la Programación didáctica	58
3.	Conclusiones	61
4.	Limitaciones y prospectiva	65
	Referencias bibliográficas	67
	Anexo A. Calendario escolar 2025-2026	74
	Anexo B. Atención a la diversidad	76
	Anexo C. Criterios e instrumentos de evaluación	78
	Anexo D. Estaciones de aprendizaje	89

Índice de figuras

Figura 1 Fases principales del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).	28
Figura 2 Fases detalladas del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).	29
Figura 3 Calendario escolar de la Comunidad de Madrid para el curso 2025-2026.....	74
Figura 4 Dossier del caso forense.	78

Índice de tablas

Tabla 1 Conceptos erróneos comunes del alumnado relacionados con las técnicas de PCR y electroforesis en gel de agarosa.	11
Tabla 2 Objetivos de etapa a los que contribuye desde la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	21
Tabla 3 Objetivos generales a los que contribuye desde la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	22
Tabla 4 Objetivos didácticos (OD) de la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.	22
Tabla 5 CPPS de la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense” ...	24
Tabla 6 Relación entre los contenidos de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense” con los Objetivos de Etapa (OE), Generales (OG) y Didácticos (OD), las Competencias Profesionales, Personales y Sociales (CPPS), los Resultados de Aprendizaje (RA) y los Criterios de Evaluación (CE).	26
Tabla 7 Secuenciación, Resultados de Aprendizaje (RA) y distribución horaria de las Unidades de Trabajo (UT) del módulo de Biología Molecular y Citogenética.....	36
Tabla 8 Cronograma de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.	36
Tabla 18 Síntesis del proceso de evaluación de la Unidad de Trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.	47
Tabla 19 Criterios de calificación de la Unidad de Trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	48
Tabla 20 Diseño de la primera actividad de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	49
Tabla 21 Diseño de la segunda actividad de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	50
Tabla 22 Diseño de la tercera actividad de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	51
Tabla 23 Diseño de la cuarta actividad de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	52

Tabla 24 Diseño de la quinta actividad de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	54
Tabla 25 Diseño de la sexta actividad de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	56
Tabla 27 Matriz DAFO de evaluación de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	58
Tabla 28 Matriz CAME de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	59
Tabla 9 Informe descriptivo de las necesidades y las respuestas educativas de la alumna NEAE (dislexia).	76
Tabla 10 Criterios de evaluación de la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis de un caso forense”, asociados al Resultado de Aprendizaje 5 (RA5).	78
Tabla 11 Lista de cotejo para la evaluación de la ficha selección y justificación del tipo de PCR a aplicar en el caso forense.	82
Tabla 12 Escala de valoración tipo Likert para la evaluación del video sobre el diseño de cebadores para marcadores STR elaborado mediante NotebookLM.	83
Tabla 13 Lista de cotejo para la evaluación del uso del laboratorio virtual Cibertorio.	83
Tabla 14 Lista de cotejo para la evaluación de la programación del termociclador.	84
Tabla 15 Escala de valoración tipo Likert para la evaluación de la preparación de la master mix y de las mezclas de reacción en el laboratorio de Biología Molecular.	84
Tabla 16 Rúbrica para la evaluación de la selección del marcador de peso molecular, la carga de muestras en el gel de electroforesis y la determinación del tamaño de los fragmentos amplificados.	85
Tabla 17 Rúbrica para la evaluación de la memoria científica y del informe técnico-pericial del caso forense.	87
Tabla 26 Actividades de las estaciones de aprendizaje correspondientes a la actividad “La huella del ADN”.	89

1. Introducción

El presente trabajo consiste en el diseño de una programación didáctica centrada en la aplicación de técnicas de Biología Molecular, concretamente la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y la electroforesis en gel de agarosa, para el estudio de los ácidos nucleicos. Dicha programación está dirigida al módulo de Biología Molecular y Citogenética del primer curso del Ciclo Formativo de Grado Superior (CFGS) de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico y se desarrolla bajo el marco normativo vigente de la Comunidad Autónoma de Madrid (Decreto 179/2015, 2015). La propuesta integra la gamificación y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como metodologías activas e innovadoras y se organiza en torno a la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.

1.1. Justificación y planteamiento del problema

Según los datos oficiales del Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes (2025a), la **Formación Profesional continúa experimentando un crecimiento sostenido** dentro del sistema educativo español. Concretamente, para el curso 2025-2026, el Ministerio estimó la matriculación de un total de 1.218.347 estudiantes, lo que suponía un incremento del 2,4 % con respecto al curso anterior. En lo que a los Ciclos Formativos de Grado Superior concierne, dicho aumento se cifró en un 2,6 %, constituyendo ello el mayor crecimiento dentro de la Formación Profesional. Además, dentro de este contexto, España ha alcanzado cifras históricamente bajas de abandono educativo temprano, situándose éste en el 13 % (Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes, 2025a). Todo ello deja entrever que, entre otros tipos de educación, la Formación Profesional y, especialmente la de nivel superior, **fomenta la permanencia del alumnado en el sistema educativo**, siendo ésta una opción formativa atractiva. Por otra parte, cabe mencionar que dicha Formación Profesional de Grado Superior presenta una **tendencia al alza en cuanto a empleabilidad** se refiere; y es que, la tasa de afiliación a la Seguridad Social en el primer año de personas tituladas en el año 2020-2021 fue del 51,1%, suponiendo 9,8 puntos más con respecto al curso anterior (Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes, 2025b). En coherencia con todo lo anteriormente expuesto, se refuerza la **necesidad de seguir satisfaciendo la demanda**

estudiantil y empresarial de este tipo de enseñanza con programaciones didácticas de calidad.

Dentro de la Formación Profesional de Grado Superior, se encuentra la titulación que nos ocupa en el presente trabajo, es decir, la de Laboratorio Clínico y Biomédico. Dicho título **presenta relevancia social al estar vinculado con la salud pública** y, más concretamente, con la prevención, el diagnóstico y el tratamiento clínico de distintas patologías y enfermedades ([Real Decreto 771/2014](#), 2014). Para poder llevar a cabo dichas funciones, los futuros técnicos deben adquirir competencias relacionadas con el análisis de muestras biológicas mediante el empleo de distintas técnicas, como son la Reacción en Cadena de la Polimerasa, cuyo acrónimo en inglés es PCR (*Polymerase Chain Reaction*), y la electroforesis en gel de agarosa. Ambas técnicas moleculares, se utilizan concretamente en el estudio de ácidos nucleicos y su uso está totalmente normalizado y estandarizado en los laboratorios de diagnóstico clínico, investigación y medicina forense (Genotipia, s. f.). No obstante, a la hora de su aprendizaje, se ha visto que existen una serie de **dificultades inherentes que suelen impedir que el alumnado establezca una conexión entre los procedimientos técnicos y los fundamentos biológicos que los sustentan**. Con frecuencia, estas técnicas se abordan desde un enfoque puramente procedimental, presentándose como recetas con pasos a seguir, sin relacionarlas de manera explícita con los conceptos teóricos necesarios para una comprensión profunda. Como consecuencia de ello, Phillips et al. (2008) detectaron en los estudiantes varios errores comunes que estaban relacionados con ambas técnicas, afirmando que, en el caso de no subsanarse, les llevaría a los discentes a experimentar problemas a la hora de interpretar adecuadamente los resultados obtenidos, formular conclusiones fundamentadas o resolver problemas técnicos vinculados a su aplicación. Dichos errores se muestran en la [Tabla 1](#).

En base a lo anteriormente mencionado y, de acuerdo con la taxonomía de Bloom, **se hace necesario que el alumnado aprenda inicialmente los principios biológicos subyacentes a las técnicas** con el fin de que puedan derribar los preconceptos erróneos y desarrollar habilidades cognitivas de orden superior como el pensamiento crítico (Bloom, 1956).

Por otra parte, cabe mencionar que la enseñanza de saberes relacionados con la Biología Molecular supone un gran desafío debido a su **naturaleza compleja y abstracta** (Haberbosch et al., 2025b). Y es que, tanto el ADN, como las enzimas y otras sustancias moleculares

implicadas en la PCR y en la electroforesis, **no son perceptibles a simple vista y no se pueden mostrar directamente a los estudiantes**, pudiendo ello afectar a su comprensión y participación durante el aprendizaje, así como a la adquisición de conceptos erróneos (Bahar et al., 1999; Wright et al., 2014). No obstante, pese a que la tarea de ilustrar estos contenidos de Biología Molecular es compleja, la motivación para integrarlos es alta. En este sentido, la mayoría de los expertos recomiendan integrar dichos conocimientos científicos a través de la **experimentación práctica y contextualizada en el laboratorio** (Bigler & Hanegan, 2011).

Tabla 1 *Conceptos erróneos comunes del alumnado relacionados con las técnicas de PCR y electroforesis en gel de agarosa.*

Conceptos erróneos comunes relacionados con las técnicas de PCR y electroforesis	
Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)	
1.	En el diseño de cebadores los resultados del BLAST no deben incluir el gen de interés
2.	Tanto los cebadores <i>forward</i> como los <i>reverse</i> se unen a la hebra codificante del ADN
3.	La cantidad de cada reactivo en la mezcla de PCR no es importante
4.	La replicación del ADN puede producirse en dirección 5' → 3' ó 3' → 5'
5.	Los cebadores cortan, pero no amplifican el ADN
6.	Todo el ADN se amplifica en una reacción de PCR
Electroforesis en gel de agarosa	
1.	Los fragmentos de ADN de mayor tamaño migran más rápido que los de menor tamaño en el gel
2.	Se puede determinar la cantidad de ADN en un gel de agarosa
3.	El ADN molde desaparece durante la PCR por lo que no se puede ver en el gel
4.	No hay diferencia entre el control "Sin ADN" y el control "ADN negativo"

Nota: adaptado de *Aligning Goals, Assessments, and Activities: An Approach to Teaching PCR and Gel Electrophoresis*, por Phillips, A. R., Robertson, A. L., Batzli, J., Harris, M., y Miller, S., 2008, CBE—Life Sciences Education, 7(1), 96–106. <https://doi.org/10.1187/cbe.07-07-0052>

Asimismo, la literatura científica pone de relieve que la **incorporación de estrategias innovadoras** está dejando de ser una opción para convertirse en una necesidad didáctica. Ejemplo de ello son los laboratorios virtuales y la realidad aumentada aplicada (Haberbosch et al., 2025a; Sharif et al., 2025), las representaciones visuales (Offerdahl et al., 2017) o los modelos impresos en 3D (Feng et al., 2023). Todos estos enfoques, además de **salvar los problemas de escala** anteriormente mencionados, **estimulan el interés** de los estudiantes y promueven su **motivación intrínseca** de cara a un **aprendizaje activo**. Es por ello por lo que, en contraposición con el modelo de enseñanza tradicional, en el que el docente prioriza la exposición y transferencia pasiva de contenidos, con el paso del tiempo se ha ido apostando cada vez más por metodologías activas. De entre todas las presentes, algunas de las más empleadas dentro del ámbito clínico son las del **Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)** y el **Aprendizaje Basado en Casos (ABC)** (Trullàs et al., 2022).

El **Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)** es una metodología que parte de un problema real o imaginario contextualizado, al cual los estudiantes tienen que dar solución. Para ello, éstos suelen trabajar normalmente de manera colaborativa en grupos reducidos y bajo la supervisión del docente, el cual queda en un segundo plano ejerciendo el papel de orientador. De esta manera, el alumnado se convierte en el eje principal del proceso de enseñanza-aprendizaje, en consonancia con las metodologías activas. Dicho aprendizaje se logra mediante la investigación, el análisis y, finalmente, la resolución de dichos retos o problemas (Gijbels et al., 2005), los cuales han de ser previamente diseñados por el profesor con el objetivo de fomentar la implicación, el pensamiento crítico y la autonomía del alumnado (Egido et al., 2006; Morales-Bueno y Landa-Fitzgerald, 2004). Asimismo, el hecho de que se planteen situaciones relacionadas con situaciones que se producen o pueden producir en la vida real, les permite adquirir los conocimientos y competencias necesarios para su desempeño laboral, siendo por ésto y lo anteriormente mencionado, una **metodología especialmente adecuada para la Formación Profesional** (Martínez et al., 2020).

Pese a que la implementación del ABP proporciona numerosas ventajas, éste también cuenta con retos a los que hacer frente como es el de conservar la participación y motivación del alumnado durante todo el proceso. Y es que, cuando el problema a resolver se presenta un tanto complejo, es normal algunos estudiantes pierdan el interés y denoten aburrimiento. Con el fin de **incrementar el compromiso y la motivación** de los estudiantes, los docentes pueden combinar dicha metodología con otras, como la **gamificación** (Marisa et al., 2020). Además, la implementación del ABP con un enfoque de gamificación muestra un aumento significativo en las habilidades críticas, creativas y colaborativas de los estudiantes (Handikaningtyas et al., 2024).

La esencia de la gamificación radica en **aplicar elementos y dinámicas propias de los juegos** (niveles, sistemas de puntos, premios, etc.) en contextos no lúdicos como el educativo, con la finalidad de hacerles más atractivos e interactivos y potenciar, tal y como se ha advertido anteriormente, la motivación, el compromiso y la eficacia en el aprendizaje (Domínguez et al., 2013; Zainuddin et al., 2020).

No obstante, para garantizar que el alumnado alcance de manera efectiva los objetivos vinculados a la PCR y a la electroforesis para su desempeño profesional como Técnico Superior

en Laboratorio Clínico y Biomédico, **no basta con la mera implementación de las metodologías activas** anteriormente descritas, sino que **resulta imprescindible que los docentes diseñen de forma integral todo el proceso de enseñanza-aprendizaje**; de ahí la relevancia de la presente programación didáctica. En este sentido, su elaboración responde a la necesidad de estructurar, organizar y secuenciar los contenidos, actividades y procesos de evaluación del módulo profesional de Biología Molecular y Citogenética, perteneciente a dicho ciclo formativo. Asimismo, este trabajo constituye un **requerimiento imprescindible para la obtención del título del Máster Universitario** en Formación del Profesorado y, con ello, la habilitación como docente especializado en Biología y Geología.

1.2. Objetivos

A continuación, se especifican los objetivos que estructuran el desarrollo del presente Trabajo Fin de Máster.

1.2.1. Objetivo general

Esta propuesta didáctica tiene como objetivo general diseñar una unidad de trabajo integrada en la programación del módulo de Biología Molecular y Citogenética del CFGS de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico, con el fin de formar al alumnado en la aplicación de las técnicas de PCR y electroforesis de ácidos nucleicos, mediante la integración de la gamificación en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

1.2.2. Objetivos específicos

Con el propósito de alcanzar dicho objetivo general, se establecen los siguientes objetivos específicos:

1. **Investigar y analizar estrategias de gamificación que se puedan integrar junto con el Aprendizaje Basado en Problemas** con el propósito de generar una sinergia metodológica que mejore el aprendizaje de la PCR y electroforesis de los ácidos nucleicos.

2. **Diseñar una secuencia de actividades contextualizadas en un entorno clínico o biomédico simulado**, con la finalidad de que los estudiantes resuelvan de forma cooperativa y, a través de dinámicas propias de los juegos, un problema que implique la aplicación de manera integrada de la PCR y la electroforesis de ácidos nucleicos.
3. **Integrar estrategias basadas en el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA)** a fin de promover la equidad dentro del alumnado heterogéneo de la Formación Profesional Superior.
4. **Crear instrumentos de evaluación** para identificar las ideas previas y concepciones erróneas del alumnado, valorar el grado de adquisición de las competencias profesionales en relación con ambas técnicas moleculares y, poder autoevaluar tanto el diseño de la presente programación didáctica como la labor docente, de cara a su mejora continua.

2. Programación didáctica

2.1. Presentación de la Programación didáctica

La programación didáctica constituye una herramienta esencial para la **planificación de la actividad docente**, al permitir organizar de forma coherente el proceso de enseñanza-aprendizaje. A través de este documento, el profesorado establece una hoja de ruta que orienta su práctica educativa, facilitando la toma de decisiones sobre qué enseñar, cómo hacerlo y con qué finalidad, en función de las características del alumnado. De este modo, la programación no sólo cumple una función organizativa, sino que también actúa como **instrumento de reflexión pedagógica** que contribuye a mejorar la calidad de la enseñanza. Asimismo, su elaboración responde a la **exigencia derivada de la normativa vigente**, que establece la obligatoriedad de planificar la actividad docente.

En el contexto de la Formación Profesional, esta planificación adquiere un valor añadido, dado que la enseñanza se orienta hacia la **adquisición de competencias** directamente relacionadas con el ámbito laboral. En este sentido, el módulo profesional de Biología Molecular y Citogenética presenta una especial relevancia dentro del CFGS de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico, ya que proporciona al alumnado los conocimientos y destrezas necesarios para el **estudio del material genético y la aplicación de las pertinentes técnicas en el ámbito clínico y biomédico**. Su relevancia se ve reforzada por el creciente desarrollo de la biotecnología y la medicina personalizada, disciplinas en constante expansión que han **incrementado la demanda de profesionales cualificados**, especialmente en áreas relacionadas con el análisis molecular, el diagnóstico clínico y la investigación. En base a ello, este módulo permite comprender los procesos moleculares implicados en el funcionamiento celular y la aparición de alteraciones genéticas, así como desarrollar competencias técnicas esenciales para el desempeño profesional en laboratorios clínicos, centros de investigación y otros entornos sanitarios, siendo especialmente relevante en el contexto actual de avances en diagnóstico y desarrollo de nuevas terapias.

Aunque la programación didáctica del módulo de Biología Molecular y Citogenética tiene carácter anual, **el presente trabajo se centra en el diseño de una unidad de trabajo concreta**, en la que se detallan los elementos curriculares, metodológicos y de evaluación, así como las

medidas de atención a la diversidad, en coherencia con el enfoque competencial vigente. En particular, se desarrolla la unidad de trabajo titulada **“ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”**, centrada en el estudio y aplicación de dos técnicas fundamentales en Biología Molecular: la reacción en cadena de la polimerasa (**PCR**) y la **electroforesis** en gel de agarosa. Estas técnicas permiten la amplificación y posterior análisis de los fragmentos de ADN, favoreciendo el desarrollo de destrezas técnicas, la precisión en el trabajo en el laboratorio y la capacidad de interpretación de resultados, aspectos clave dentro del ámbito profesional clínico, biomédico y forense.

A continuación, se presenta el **marco legal** que fundamenta la presente programación didáctica, contemplando las leyes y normas vigentes, tanto a nivel estatal como de la Comunidad de Madrid, aplicables al Ciclo Formativo de Grado Superior de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico:

- [Ley Orgánica 2/2006](#), de 3 de mayo, de Educación.
- [Ley Orgánica 3/2020](#), de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
- [Ley Orgánica 3/2022](#), de 31 de marzo, de ordenación e integración de la Formación Profesional.
- [Real Decreto 659/2023](#), de 18 de julio, por el que se desarrolla la ordenación del Sistema de Formación Profesional.
- [Real Decreto 771/2014](#), de 12 de septiembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- [Real Decreto 500/2024](#), de 21 de mayo, por el que se modifican determinados reales decretos por los que se establecen títulos de Formación Profesional de grado superior y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- [Orden ECD/1541/2015](#), de 21 de julio, por la que se establece el currículo del ciclo formativo de grado superior correspondiente al título de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico.

- [Decreto 179/2015](#), de 29 de julio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el Plan de Estudios del Ciclo Formativo de Grado Superior correspondiente al título de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico.
- [Decreto 103/2024](#), de 13 de noviembre, del Consejo de Gobierno, por el que se modifican setenta y seis Decretos por los que se establecen para la Comunidad de Madrid planes de estudios de ciclos formativos de grado superior.
- [Decreto 21/2025](#), de 21 de mayo, del Consejo de Gobierno de la Comunidad de Madrid, por el que se regula la ordenación y organización del Sistema de Formación Profesional de la Comunidad de Madrid.
- [Decreto 23/2023](#), de 22 de marzo, del Consejo de Gobierno, por el que se regula la atención educativa a las diferencias individuales del alumnado en la Comunidad de Madrid.
- [Orden 3536/2025](#), de 12 de agosto, de la Consejería de Educación, Ciencia y Universidades, por la que se aprueba el catálogo de módulos profesionales de la parte de optatividad en los ciclos formativos de grado medio y grado superior de formación profesional en la Comunidad de Madrid y se establece el procedimiento de incorporación de módulos profesionales optativos a este catálogo.
- [Orden 3537/2025](#), de 12 de agosto, de la Consejería de Educación, Ciencia y Universidades, por la que se desarrolla el currículo de los módulos profesionales de carácter transversal incluidos en los planes de estudios de los ciclos formativos de formación profesional en la Comunidad de Madrid.

2.2. Contextualización

2.2.1. Entorno

El centro educativo seleccionado se encuentra en la periferia de la localidad de **Leganés (Madrid)** y fue construido, junto con otros tres centros, para dar respuesta a la demanda educativa que se produjo en los años 80 en la zona. La zona en la que se sitúa presenta una **composición social diversa**, derivada de la confluencia de dos áreas residenciales diferenciadas: un barrio consolidado desde los años setenta, caracterizado por una presencia

significativa de población de origen extranjero, especialmente latinoamericana, y un desarrollo urbanístico más reciente, surgido a finales de los noventa, que combina distintos niveles socioeconómicos. En este último, coexisten sectores de clase media con áreas vinculadas a programas de realojo social.

El entorno del centro cuenta con presencia de **polígonos industriales** como Prado Overa o Nuestra Señora de Butarque, así como el **Hospital Universitario Severo Ochoa** y diversos **laboratorios de análisis clínicos**, donde los alumnos pueden realizar prácticas formativas en un contexto real del ámbito profesional.

2.2.2. Centro educativo

El centro escogido es un **instituto público** que cuenta con **amplias instalaciones**, tanto interiores como exteriores. Presenta un edificio principal con numerosas aulas ordinarias y aulas específicas, entre las que destacan dos gimnasios, cuatro laboratorios, dos aulas-taller, un aula de informática y otros espacios técnicos vinculados a la formación profesional, como un plató de televisión. Además, cuenta con espacios destinados a una biblioteca y distintos departamentos didácticos, salas de reuniones y dependencias administrativas, entre otros.

Además de **Educación Secundaria Obligatoria** y **Bachillerato**, el centro oferta **Ciclos Formativos de Grado Medio y Superior**, pertenecientes a distintas familias profesionales, entre las que destacan **Sanidad** e **Imagen y Sonido**. Dentro de la familia profesional de Sanidad, se encuentran ciclos como Cuidados Auxiliares de Enfermería y Farmacia y Parafarmacia en grado medio, así como Laboratorio Clínico y Biomédico y Química y Salud Ambiental en grado superior. Esta diversidad de enseñanzas, junto con la existencia de turnos diurno y vespertino, permite dar respuesta a un amplio abanico de intereses formativos y favorece la continuidad académica del alumnado dentro del propio centro.

Asimismo, el centro participa en **distintos programas** orientados a la innovación educativa, la atención a la diversidad, la convivencia y la orientación académico-profesional, entre los que destacan PROA+, 4º+Empresa, Escuelas Xcelence, Alumnos Ayudantes, Tutoría entre Iguales, el Proyecto de digitalización y Erasmus+, favoreciendo una formación más completa y adaptada a las demandas actuales.

En este sentido, es importante recalcar que el centro promueve la **competencia digital** mediante la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la práctica docente y la gestión académica, favoreciendo el uso de herramientas digitales que facilitan el acceso a la información, la comunicación y la implementación de metodologías activas e innovadoras.

Por último, el centro cuenta con un claustro cercano al centenar de docentes de distintas especialidades y con una **comunidad estudiantil amplia y heterogénea**, compuesta por más de un millar de miembros con diversidad de edades, procedencias e intereses académicos, especialmente en el ámbito de la Formación Profesional.

2.2.3. Módulo profesional de Biología Molecular y Citogenética

El módulo profesional de Biología Molecular y Citogenética, integrado en el Ciclo Formativo de Grado Superior de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico, depende del **Departamento de Sanidad**, el cual también es responsable de coordinar otras enseñanzas correspondientes a la familia profesional sanitaria dentro del centro educativo. Dicho departamento está formado por un total de 12 docentes, con perfiles especializados en las distintas áreas de la familia profesional.

El presente módulo tiene especial relevancia en la formación del alumnado, ya que le permite comprender los fundamentos de Biología Molecular y Citogenética a través del **estudio del material genético y la aplicación de técnicas relacionadas con el ADN y el ARN**, incluyendo también el trabajo con **cultivos celulares**. A partir de estos contenidos, el alumnado adquiere una visión global del análisis de muestras biológicas en el laboratorio, aprendiendo a trabajar conforme los protocolos normalizados, a aplicar criterios de calidad, seguridad y protección ambiental, y a valorar la fiabilidad de los resultados obtenidos. De este modo, se contribuye a su capacitación para realizar estudios analíticos que sirvan de apoyo a la prevención y el seguimiento de enfermedades genéticas, así como a la investigación dentro del ámbito sanitario. La creciente relevancia de los estudios moleculares en el contexto actual, marcada por el avance de la medicina personalizada y la investigación biomédica, refuerza la importancia de este módulo, **dando respuesta a la demanda de profesionales cualificados en el sector**. En este sentido, esta formación facilita la **transición entre los conocimientos**

teóricos y su aplicación práctica en el laboratorio, preparando al alumnado para su **incorporación al entorno laboral sanitario** de una forma realista.

2.2.4. Destinatarios

La presente programación didáctica se dirige a un grupo-clase del Ciclo Formativo de Grado Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico, compuesto por un total de **24 alumnos**, de los cuales 19 son mujeres y 5 hombres, lo que refleja un claro **predominio femenino**, como viene siendo habitual dentro de la familia profesional sanitaria. Éstos provienen mayoritariamente del propio municipio de Leganés y de otras localidades cercanas del sur de la Comunidad de Madrid, aunque también se incorporan algunos estudiantes de otras zonas más alejadas, atraídos por la oferta formativa del centro. Asimismo, el grupo presenta cierta **diversidad en cuanto a la edad**, situándose mayoritariamente entre los 18 y 25 años, aunque también está presente alumnado de mayor edad. Se trata de un **grupo heterogéneo** en lo que respecta a su **formación previa** pero también con respecto a sus **expectativas académicas y profesionales**. Concretamente, este alumnado procede en su mayoría de bachillerato, especialmente de la modalidad de Ciencias, aunque también se incorporan estudiantes de otros ciclos de grado medio y superior. Asimismo, un porcentaje de alumnado que proviene de la universidad, que accede al ciclo por distintos motivos, como la pérdida de interés en sus estudios previos, la imposibilidad de haber cursado este ciclo anteriormente o la intención de ampliar su formación al encontrar dificultad a la hora de acceder al mercado laboral. Respecto a sus expectativas, una parte significativa del alumnado muestra una clara orientación hacia la continuidad de estudios en el ámbito sanitario, especialmente con titulaciones universitarias, mientras que un sector minoritario del grupo tiene como objetivo la inserción laboral directa tras la finalización del ciclo.

En relación con el módulo profesional de Biología Molecular y Citogenética, el alumnado muestra interés principalmente por los **contenidos relacionados con el estudio del ADN y las técnicas utilizadas en el análisis genético**, especialmente en aquellas que tienen aplicación en el ámbito sanitario. Este interés se debe, en gran parte, a la conexión de estos contenidos con situaciones reales, como el diagnóstico de enfermedades, los estudios genéticos o incluso la investigación científica. Además, la posibilidad de **trabajar en un laboratorio y comprender**

cómo se aplican estos conocimientos en un contexto profesional despierta la curiosidad del alumnado, al permitirle ver la utilidad directa de lo que aprende.

Por último, cabe mencionar que, en coherencia con la diversidad que presenta el grupo, se cuenta con una **alumna con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE)**, concretamente con **dislexia**, lo que implica la presencia de una **Dificultad Específica de Aprendizaje (DEA)**. En este sentido, presenta dificultades principalmente en la comprensión lectora y en la expresión escrita, así como en la decodificación de textos y en la velocidad de procesamiento de la información, lo que puede afectar a la realización de tareas que requieren lectura comprensiva, redacción o seguimiento de instrucciones complejas. Es por ello por lo que es necesario contemplar medidas específicas dirigidas a esta alumna, que se desarrollan en el apartado 2.8. Atención a la diversidad.

2.3. Elementos curriculares

2.3.1. Objetivos

Objetivos de etapa

En el artículo 40 de la [Ley Orgánica 3/2020](#) se establecen los objetivos de la Formación Profesional como etapa. Desde el módulo de Biología Molecular y Citogenética se contribuirá al desarrollo de todos ellos y, de manera más específica, desde la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”, a los indicados en la [Tabla 2](#).

Tabla 2 *Objetivos de etapa a los que contribuye desde la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.*

Objetivos de etapa de la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”
a) Desarrollar las competencias propias de cada título de formación profesional: se fomenta a través de la aplicación de técnicas de Biología Molecular en un contexto simulado de un laboratorio clínico.
d) Aprender por sí mismos y trabajar en equipo, así como formarse en la prevención de conflictos y en la resolución pacífica de los mismos en todos los ámbitos de la vida personal, familiar y social, con especial atención a la prevención de la violencia de género: se promueve el aprendizaje autónomo y el trabajo en grupo mediante la resolución cooperativa del caso planteado.
f) Trabajar en condiciones de seguridad y salud, así como prevenir los posibles riesgos derivados del trabajo: se impulsa mediante la aplicación de normas de bioseguridad en el laboratorio.
g) Desarrollar una identidad profesional motivadora de futuros aprendizajes y adaptaciones a la evolución de los procesos productivos y al cambio social: se favorece al situar al alumnado en un contexto simulado de laboratorio clínico.
k) Preparar al alumnado en materia de digitalización en su sector productivo: se estimula gracias al uso tanto de herramientas aplicadas al análisis molecular, así como de recursos digitales para la interpretación de resultados y la elaboración de informes técnicos propios del ámbito del laboratorio clínico.

Fuente: elaboración propia.

Objetivos generales

En el artículo 9 del [Real Decreto 771/2014](#) se establecen los objetivos del Ciclo Formativo de Grado Superior de Técnico Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico. No obstante, los correspondientes al módulo de Biología Molecular y Citogenética, se recogen en el apartado de “Orientaciones pedagógicas” del Anexo I. A lo largo del módulo se trabajan todos ellos, al igual que desde la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”. Éstos se especifican en la [Tabla 3](#).

Tabla 3 *Objetivos generales a los que contribuye desde la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.*

Objetivos generales de la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	
j)	Realizar operaciones fisicoquímicas para acondicionar la muestra antes del análisis: el alumnado lleva a cabo el tratamiento previo de la muestra de ADN a través de su amplificación mediante PCR, lo que incluye la preparación de la mezcla de reacción (<i>master mix</i>), constituyendo una fase esencial para su posterior análisis mediante electroforesis en gel de agarosa.
k)	Validar los datos obtenidos según técnicas de tratamiento estadístico, para evaluar la coherencia y fiabilidad de los resultados: el alumnado analiza los resultados obtenidos a partir de las electroforesis, teniendo en cuenta la presencia y disposición de las bandas, el comportamiento de los controles y la correspondencia con los valores teóricos previstos, lo que le permite emitir conclusiones fundamentadas sobre la validez del análisis realizado.
l)	Seleccionar los métodos de análisis cromosómico, en función del tipo de muestra y determinación, para aplicar técnicas de análisis genético: el alumnado selecciona y aplica técnicas de análisis genético adecuadas al tipo de muestra y al objetivo del estudio, concretamente mediante el uso de la PCR y la electroforesis en gel de agarosa, comprendiendo su utilidad en la identificación de perfiles genéticos en un contexto simulado de un laboratorio clínico.

Fuente: elaboración propia.

Objetivos didácticos

En la [Tabla 4](#), se establecen los objetivos didácticos (OD) a alcanzar por el alumnado mediante el abordaje de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.

Tabla 4 *Objetivos didácticos (OD) de la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.*

Objetivos didácticos de la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”	
OD1	Conocer los conceptos fundamentales de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y la electroforesis en gel de agarosa de los ácidos nucleicos, reconociendo su función en el análisis molecular y su aplicación en el ámbito del laboratorio clínico.
OD2	Identificar y describir los reactivos, las fases y condiciones necesarias para la realización de una PCR.
OD3	Diseñar <i>in silico</i> cebadores adecuados para la amplificación de una región específica de ADN, teniendo en cuenta criterios como la longitud, el contenido en pares GC y la temperatura de alineamiento.
OD4	Calcular los volúmenes necesarios para la preparación de la mezcla de reacción de la PCR (<i>master mix</i>), teniendo en cuenta las concentraciones y el número de muestras y controles.
OD5	Ejecutar de manera correcta y segura la técnica de PCR y la electroforesis en gel de agarosa, siguiendo los protocolos establecidos y respetando las normas de seguridad del laboratorio.

OD6	Analizar los resultados obtenidos en la electroforesis en gel de agarosa, verificando la presencia/ausencia de los controles, estimando el tamaño de los fragmentos en relación con el marcador de peso molecular y comparando las muestras problema con la de referencia en el contexto del caso planteado.
OD7	Evaluar el procedimiento experimental realizado, identificando los posibles errores y la consistencia de los resultados mediante la elaboración de un informe técnico que además integre los objetivos, los materiales y métodos, el registro, análisis e interpretación de los resultados y las conclusiones del estudio.
OD8	Trabajar de forma cooperativa y responsable, asumiendo roles dentro del grupo para la correcta ejecución de las actividades y la resolución eficaz del caso planteado.
OD9	Reflexionar sobre el propio proceso de aprendizaje y desempeño en la aplicación de las técnicas de Biología Molecular de forma grupal, identificando logros, dificultades y propuestas de mejora a partir de una autoevaluación.

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Competencias

Competencia general

En el artículo 4 del [Real Decreto 771/2014](#) se establece la competencia general del Ciclo Formativo de Grado Superior de Técnico Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico, a la que se contribuye desde el módulo de Biología Molecular y Citogenética y, de forma concreta, desde la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”. En este sentido, la presente unidad favorece el desarrollo de dicha competencia al situar al alumnado en el contexto de un laboratorio clínico en el que se deben aplicar técnicas de Biología Molecular para el análisis de muestras biológicas, siguiendo protocolos de trabajo, respetando normas de seguridad y realizando una interpretación fundamentada de los resultados obtenidos. Asimismo, se promueve la capacidad de relacionar los resultados analíticos con su utilidad en el ámbito diagnóstico y de investigación, aproximando al alumnado a situaciones propias del entorno profesional.

Competencias Profesionales, Personales y Sociales (CPPS)

En el artículo 5 del [Real Decreto 771/2014](#) se definen las Competencias Profesionales, Personales y Sociales, cuya denominación no ha sido aún actualizada a la terminología vigente de Competencias Profesionales y para la Empleabilidad establecida en el [Real Decreto 659/2023](#). De entre todas ellas, el módulo de Biología Molecular y Citogenética contribuye al desarrollo de todas las competencias recogidas en el Anexo I del [Real Decreto 771/2014](#) (2014). Asimismo, la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense” contribuye a la adquisición de todas estas las competencias también, tal y como se indica en la [Tabla 5](#).

Tabla 5 CPPS de la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.

CPPS	Adquisición de la CPPS desde la Unidad de Trabajo
f) Evaluar la coherencia y fiabilidad de los resultados obtenidos en los análisis, utilizando las aplicaciones informáticas.	El alumnado analiza e interpreta los resultados obtenidos tras la electroforesis mediante la observación de patrones de bandas, la comprobación de controles y la estimación de los fragmentos amplificados, utilizando para ello herramientas digitales como ImageJ y Microsoft Excel.
g) Aplicar técnicas de análisis genético a muestras biológicas y cultivos celulares, según los protocolos establecidos.	El alumnado aplica técnicas de Biología Molecular, concretamente la PCR y la electroforesis en gel de agarosa, siguiendo protocolos de laboratorio y reproduciendo procedimientos propios del ámbito clínico.
l) Adaptarse a las nuevas situaciones laborales, manteniendo actualizados los conocimientos científicos, técnicos y tecnológicos relativos a su entorno profesional, gestionando su formación y los recursos existentes en el aprendizaje a lo largo de la vida y utilizando las tecnologías de la información y la comunicación.	El alumnado la trabaja durante las sesiones prácticas de laboratorio mediante la aplicación de medidas de bioseguridad y actuación responsable en el entorno experimental, incluyendo el uso adecuado de equipos de protección individual, la prevención de contaminaciones y la correcta gestión de los residuos generados.
m) Adaptarse a las nuevas situaciones laborales, manteniendo actualizados los conocimientos científicos, técnicos y tecnológicos relativos a su entorno profesional, gestionando su formación y los recursos existentes en el aprendizaje a lo largo de la vida y utilizando las tecnologías de la información y la comunicación.	El alumnado emplea diferentes herramientas digitales y bioinformáticas propias del entorno profesional como GenBank, Primer-BLAST del NCBI, ImageJ o Microsoft Excel, aproximándose al uso de las tecnologías actualmente empleadas en el ámbito de la Biología Molecular y favoreciendo la actualización de conocimientos aplicados al análisis molecular y la interpretación de resultados.

Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Contenidos

En el Anexo I del [Decreto 179/2015](#) figuran los contenidos relativos al módulo de Biología Molecular y Citogenética. De entre ellos, en la presente unidad de trabajo se abordan aquellos vinculados al bloque de “Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de ácidos nucleicos”:

- Técnicas de PCR y variantes: PCR multiplex, RT-PCR, PCR nested y PCR a tiempo real.
- Técnicas de electroforesis en gel.
- Técnicas de visualización de fragmentos e interpretación de resultados.
- Aplicaciones diagnósticas y forenses a las técnicas de PCR.

Elementos transversales

Desde el módulo de Biología Molecular y Citogenética se trabajan diversos elementos transversales. Entre ellos, destacan la **comprensión lectora** y la **expresión oral y escrita**, desarrollada a través de la interpretación de protocolos y documentación técnica, así como

mediante la elaboración de documentos científico-técnicos. Asimismo, se favorece la **competencia digital** mediante el uso de herramientas bioinformáticas y recursos digitales aplicados tanto al análisis e interpretación de datos experimentales como a la difusión de contenidos. Del mismo modo, el módulo promueve el **pensamiento científico y la resolución de problemas**, fomentando en el alumnado la capacidad de analizar resultados, detectar errores y extraer conclusiones fundamentadas. A ello se suma el desarrollo del **trabajo cooperativo**, la **responsabilidad** y la **ética profesional**, especialmente en actividades contextualizadas en entornos del ámbito biomédico y sanitario. Las prácticas de laboratorio contribuyen además a reforzar la **aplicación de normas de bioseguridad, la prevención de riesgos y la correcta gestión de residuos químicos y biológicos**, generando ello el fomento de la educación para la salud y el desarrollo sostenible. Asimismo, también favorece la **orientación profesional** del alumnado, aproximándolo a técnicas y dinámicas propias del laboratorio clínico. Por otra parte, el módulo se relaciona especialmente con algunos de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** establecidos en la Agenda 2030 (Organización de las Naciones Unidas, 2015), especialmente el **ODS 3**, correspondiente a **Salud y Bienestar**, al contribuir al diagnóstico y estudio de enfermedades.

De manera más concreta, en la presente unidad, estos elementos se desarrollan a través de la resolución de un caso práctico contextualizado en un entorno profesional simulado de Biología Molecular forense. La **comprensión lectora** y la **comunicación científica** se trabajan mediante la interpretación del dossier inicial, protocolos experimentales, registro de incidencias y documentación técnica, así como a través de la elaboración de fichas, vídeos, audios, una memoria y un informe técnico-pericial, entre otros. La **competencia digital**, por su parte, adquiere una especial relevancia mediante el empleo de herramientas y plataformas como Edpuzzle, Nearpod, GenBank, Primer-BLAST, Cibertorio, ImageJ, Microsoft Office, NotebookLM o Canva, para el diseño de cebadores, el análisis de electroforesis, la interpretación de perfiles genéticos y la elaboración de productos digitales. El **pensamiento científico y la resolución de problemas** se potencian durante la interpretación de patrones de bandas, el uso de controles, la detección de incidencias técnicas y la resolución fundamentada del caso planteado, favoreciendo al mismo tiempo el **espíritu crítico científico**. Del mismo modo, el **trabajo cooperativo** se refuerza mediante la organización del alumnado en equipos

de investigación. Además, la unidad fomenta la **responsabilidad** y la **ética profesional** mediante el tratamiento anónimo de las muestras. Asimismo, el trabajo experimental favorece la **aplicación de normas de bioseguridad, prevención de riesgos y gestión responsable de residuos biológicos y químicos**. Finalmente, la unidad se vincula con el **ODS 3, de Salud y Bienestar**, al aplicar técnicas de Biología Molecular en un contexto sanitario.

2.3.4. Relación entre elementos curriculares

En la [Tabla 6](#) se presenta la relación entre los contenidos de la unidad de trabajo y los distintos elementos curriculares, conforme a lo establecido en la [Ley Orgánica 3/2020](#) y el [Real Decreto 771/2014](#).

Tabla 6 Relación entre los contenidos de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense” con los Objetivos de Etapa (OE), Generales (OG) y Didácticos (OD), las Competencias Profesionales, Personales y Sociales (CPPS), los Resultados de Aprendizaje (RA) y los Criterios de Evaluación (CE).

CONTENIDOS	OE	OG	OD	CPPS	RA	CE
Técnicas de PCR y variantes: PCR multiplex, RT-PCR, PCR nested y PCR a tiempo real	a), d), f), g) y k)	j) y l)	OD1, OD2, OD3, OD4, OD5, OD8 y OD9	g), l) y m)	RA5. Aplica técnicas de PCR y electroforesis al estudio de los ácidos nucleicos, seleccionando el tipo de técnica en función del estudio que se va a realizar.	a) Se ha descrito la técnica de PCR, sus variantes y aplicaciones. c) Se ha preparado la solución mezcla de reactivos en función del protocolo, la técnica y la lista de trabajo. e) Se ha programado el termociclador para realizar la amplificación.
Técnicas de electroforesis en gel	a), d), f), g) y k)	l)	OD1, OD5, OD8 y OD9	g) y l)		f) Se ha seleccionado el marcador de peso molecular y el tipo de detección en función de la técnica de electroforesis que hay que realizar. g) Se han cargado en el gel el marcador, las muestras y los controles.
Técnicas de visualización de fragmentos e interpretación de resultados	a), d), g) y k)	k)	OD6, OD7, OD8 y OD9	f) y m)		i) Se ha determinado el tamaño de los fragmentos amplificados.
Aplicaciones diagnósticas y forenses a las técnicas de PCR	a), d), g) y k)	l)	OD1, OD8 y OD9	g)		a) Se ha descrito la técnica de PCR, sus variantes y aplicaciones.

Fuente: elaboración propia en base a la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre y el Real Decreto 771/2014, de 12 de septiembre.

2.4. Metodología

La presente programación didáctica se fundamenta en un **modelo didáctico de tipo constructivista** ya que, a partir de las ideas previas del alumnado, éste construye su propio conocimiento mediante la orientación docente, para aplicar lo aprendido a contextos relacionados con la vida real, favoreciendo así el **aprendizaje significativo**, en línea con la **teoría de Ausubel et al. (1983)**.

Este enfoque presenta continuidad con los **principios metodológicos establecidos para la Formación Profesional**, bajo el marco de [Ley Orgánica 3/2020](#), en el [Decreto 21/2025](#) de la **Comunidad de Madrid**, ya que se promueve una enseñanza activa y orientada al desarrollo de CPPS, a través de: propuestas didácticas conectadas con situaciones del entorno laboral, el uso de recursos digitales y tecnológicos, el trabajo cooperativo y el desarrollo progresivo de la autonomía y la capacidad de análisis del alumnado. De este modo, su propósito es **garantizar una formación aplicada y adaptada a las demandas del entorno laboral y social actual**.

En relación con las demandas del entorno laboral actual, la Formación profesional presenta un marcado **carácter transversal e interdisciplinar**, incluyendo a módulos como el que nos ocupa de Biología Molecular y Citogenética. En éste convergen conocimientos de distintas disciplinas científicas, como Medicina, Biología, Genética, Bioquímica o Bioinformática.

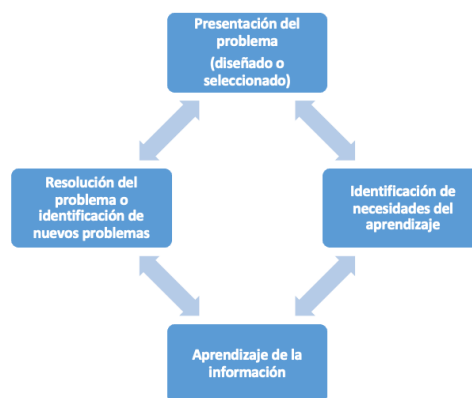
2.4.1. Metodologías aplicadas en el módulo profesional de Biología Molecular y Citogenética

Con el fin de favorecer la integración de los conocimientos relacionados con las disciplinas anteriormente mencionadas, a lo largo del módulo de Biología Molecular y Citogenética se emplean distintas estrategias metodológicas; éstas se detallan a continuación.

Debido a la necesidad de vincular la teoría molecular con la realidad del laboratorio clínico, el **Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)** adquiere un papel especialmente relevante dentro del módulo. Al enfrentar al estudiante a problemas de estudios reales, se fomenta la integración de conceptos celulares y genéticos, transformando la información teórica en una herramienta práctica para el diagnóstico de patologías humanas. El ABP se empleó por primera vez en 1969 con alumnado universitario de Medicina (Barrows, 1986). Concretamente, se trata de una metodología centrada en el estudiante en la que el

aprendizaje se construye a partir del planteamiento, análisis y resolución de un problema real o contextualizado. Dicho problema actúa como punto de partida del proceso de enseñanza-aprendizaje, favoreciendo que el alumnado, a partir de sus propias ideas previas y junto con sus compañeros/as, investigue, adquiera nuevos conocimientos y desarrolle habilidades relacionadas con el pensamiento crítico, la autonomía, la toma de decisiones y el trabajo cooperativo. Dentro de este proceso, el docente adopta un papel de guía o facilitador, orientando al alumnado durante el proceso de búsqueda de información, análisis y resolución de la situación planteada (Julca-Asto y Durán-Jaro, 2022). Aunque existen varias propuestas en relación con las **fases de esta metodología**, todas ellas se basan principalmente en presentar el problema, identificar las necesidades del aprendizaje, aprender la información y resolver el problema o identificar otros nuevos, tal y como se muestra en la [Figura 1](#).

Figura 1 Fases principales del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).



Fuente: adaptado de ITSEM (2004).

Dicha secuencia cíclica contrasta con la del aprendizaje tradicional, ya que éste comienza con la exposición de lo que se debe saber y termina con la resolución del problema. Otros autores desarrollan **propuestas específicas**, que incluyen **más fases**, como la incorporación de hipótesis explicativas y la evaluación de lo aprendido antes de la aplicación al problema, tal y como se puede ver en la [Figura 2](#). Por otra parte, tal y como menciona, Reta (2007), el ABP presenta una serie de **ventajas** como son el incremento de la motivación, un aprendizaje más significativo, el desarrollo de habilidades relacionadas con el pensamiento y la integración de un modelo de trabajo. Sin embargo, en algunas ocasiones, su implementación puede

presentar algunas **barreras** ya que supone la adaptación por parte del profesorado y alumnado, una modificación curricular, más tiempo y, a veces, un mayor presupuesto.

Teniendo en cuenta las características del ABP y la importancia del trabajo conjunto en la resolución de situaciones contextualizadas, otra de las metodologías implicadas en el desarrollo del presente módulo profesional es el **Aprendizaje Cooperativo**. Éste consiste en la organización del alumnado en grupos heterogéneos, dentro de los cuales el docente asigna un rol a cada uno de los estudiantes. El docente, además, diseña la tarea y actúa como guía sin tener autonomía sobre el grupo, proporcionando apoyo y retroalimentación (Alarcón y Reguero, 2018). Al contrario de lo que sucede en otros enfoques más individualistas, esta metodología favorece que el aprendizaje de cada estudiante se vea enriquecido como resultado de la interacción, pues éste se va a poder beneficiar de las destrezas de sus compañeros/as (Chiu, 2008). Para que este aprendizaje sea eficaz, es necesario que es necesario que exista una meta en común y que el éxito grupal dependa de la participación de todos los integrantes (Brown & Ciuuffetelli, 2009). Para ello, los distintos roles asignados deben estar claramente definidos, evitando solapamiento de tareas y favoreciendo la interdependencia entre los miembros del grupo (Cantador, 2016). Entre las principales **ventajas del Aprendizaje Cooperativo** destacan la mejora del rendimiento académico, el fortalecimiento de las habilidades sociales y comunicativas, el aumento de la motivación, la autoestima y la inclusión (Tsay & Brady, 2010; Slavin, 2014). Sin embargo, a tenor de lo anteriormente expuesto, **requiere de una adecuada organización y supervisión** para garantizar la participación equilibrada de todos los miembros del grupo.

Figura 2 Fases detalladas del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).



Fuente: Branda (2009)

Por otra parte, con el objetivo de incrementar la atención, motivación y compromiso del alumnado, otra de las metodologías a aplicar dentro del módulo de Biología Molecular y Citogenética es la **Gamificación**. Según Schöbel (2020), ésta se define como el proceso de aplicación de dinámicas y elementos del juego a contextos no lúdicos, como el educativo. Entre los elementos más comunes se encuentran los niveles, puntos, insignias, tablas de clasificación y avatares (Barata et al., 2017). Dichos elementos logran una mayor orientación hacia los objetivos gracias a su retroalimentación inmediata, favorecer el aprendizaje por repetición, promover la participación colaborativa y propiciar una competencia divertida y amistosa (Ding, 2019). Aparte, entre los beneficios de la gamificación destacan el refuerzo del aprendizaje significativo, el desarrollo de la autonomía y la posibilidad de llevar a cabo una evaluación más dinámica y continua. Del mismo modo, esta metodología está experimentando una creciente integración con otras metodologías activas, especialmente con el Aprendizaje Basado en Problemas o Proyectos, favoreciendo experiencias de aprendizaje más dinámicas y contextualizadas. Para diseñar una estrategia de gamificación, es necesario implementar una serie de **pasos clave**; estos son los siguientes: definir el objeto del aprendizaje, conocer al alumnado, establecer una narrativa, seleccionar elementos de juego, diseñar actividades significativas que refuercen un contenido o competencia y evaluar de forma continua (Malvido, 2026).

En este punto, conviene destacar el **breakout** como una de las actividades gamificadas con mayor potencial educativo. Según Negre (2017), un *breakout* es un juego surgido a partir de los conocidos “*Scape rooms*”, que tiene como objetivo abrir una caja con un candado. Para ello, el alumnado tiene que conseguir un código mediante la superación de distintos ejercicios, problemas o actividades.

Pese a todas las ventajas comentadas acerca de este tipo de metodología, algunos autores advierten que **no conviene abusar de ella**, ya que su uso continuo y reiterado puede provocar la pérdida de interés o desviar la atención de los objetivos reales del aprendizaje. Es por ello por lo que este tipo de estrategias, deben de **adaptarse a lo largo del tiempo** (Lavoué et al., 2019)

Por último, conviene mencionar que, en un módulo profesional como el que nos ocupa, también están presentes otras metodologías complementarias. Entre ellas se encuentra el

Aprendizaje Basado en Casos (ABC), en el que el alumnado analiza un caso clínico estructurado, aplicando los conocimientos previamente trabajados de manera directa. Asimismo, también se incorporan **clases magistrales** desarrolladas bajo un **modelo expositivo**, ya que éstas son útiles para garantizar la adquisición de determinados contenidos que son más complejos. Por último, pese a no constituir una metodología en sí misma, conviene destacar la importancia de las **prácticas de laboratorio** como recurso didáctico fundamental, ya que van a permitir que el alumnado adquiera gran parte de las competencias propias de un técnico del ámbito clínico.

2.4.2. Metodologías aplicadas en la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.

La unidad de trabajo de la presente programación se fundamenta principalmente en la metodología del **Aprendizaje Basado en Problemas**, ya que, a partir de la presentación de una situación forense simulada relacionada con una muerte y la existencia de distintos sospechosos, el alumnado utiliza dicha problemática como punto de partida e hilo conductor para adquirir conocimientos y destrezas relacionadas con las técnicas de PCR y electroforesis. A lo largo del desarrollo de la unidad, los estudiantes adoptan el rol de técnicos de laboratorio, analizando muestras e interpretando resultados, con el objetivo final de proporcionar una solución fundamentada a través de la elaboración de un informe técnico-pericial para un juez.

Para poder resolver el caso de identificación genética, la secuencia didáctica comienza con la presentación de la situación problemática anteriormente mencionada, indicando la presencia de una muestra biológica (un pelo ajeno) en la escena del crimen, de manera que éste actúa como un elemento motivador, generando la necesidad de aprendizaje. A partir de este momento, el alumnado formula una hipótesis inicial acerca de cómo se debe resolver el caso, identificando qué conocimientos de Biología Molecular necesita adquirir, y desarrolla progresivamente distintas actividades para aprender los conocimientos y alcanzar las competencias necesarias con el fin de resolver, en última instancia, el problema inicial.

La unidad incorpora además elementos de gamificación como el **breakout**, ya que toda la secuencia va acompañada de una narrativa contextualizada en el crimen y se van estableciendo una serie retos con los que se proporcionan cifras de un código, que permitirá

abrir finalmente un expediente donde se encuentra la documentación necesaria para resolver el caso. A través de dicha estrategia, se pretende mantener la implicación y motivación del alumnado a lo largo toda la unidad.

Asimismo, el **Aprendizaje Cooperativo** también se concreta en la presente unidad, debido a que el alumnado, para dar solución al problema, se organiza en equipos de investigación, en los cuales cada uno de los integrantes adquiere un rol en base a sus destrezas y fortalezas. Dichos roles, asignados por el docente, consisten en ser responsable de organización, responsable de laboratorio, responsable de análisis y responsable de documentación y comunicación. En este punto conviene mencionar también que, en determinadas actividades de la unidad, los equipos se subdividen en dos y, en otras, como las relacionadas con la reflexión personal y evaluación del aprendizaje, el trabajo se realiza de manera individual.

Por otra parte, en algunas de las sesiones se desarrolla el **Aprendizaje por Estaciones**, para permitir que el alumnado acceda a la información y desarrolle actividades a través de diferentes vías, con el propósito de favorecer la atención a la diversidad. Del mismo modo, determinadas sesiones incorporan **clases magistrales** breves y participativas, orientadas a introducir procedimientos específicos o estructurar determinados contenidos complejos relacionados con la PCR, la electroforesis o el análisis bioinformático.

A nivel cognitivo, resulta necesario señalar que las distintas actividades planteadas permiten desarrollar diferentes procesos recogidos en la **taxonomía de Bloom (1956)**. Así, las actividades iniciales de identificación de ideas previas favorecen los procesos relacionados con recordar, mientras que la introducción de conceptos teóricos previos al desarrollo de las actividades implica comprender. Por otra parte, las prácticas de laboratorio favorecen procesos vinculados a ejecutar, mientras que el análisis de resultados y resolución del caso, permiten desarrollar habilidades relacionadas con analizar y evaluar. Finalmente, la elaboración del informe técnico implica procesos cognitivos de orden superior como crear.

Para concluir, es importante señalar que la unidad incorpora diferentes **tipos de actividades en función de su finalidad didáctica**. En este sentido, inicialmente se incluyen actividades de motivación y de activación de conocimientos previos y, posteriormente, de desarrollo y aplicación práctica, así como de refuerzo y ampliación. Finalmente, se desarrollan actividades

de consolidación con la elaboración de una memoria y del informe técnico y, de evaluación, concretamente de auto y coevaluación, con el objetivo de favorecer la metacognición y la mejora del propio proceso de aprendizaje.

2.5. Organización de los espacios de aprendizaje

El módulo de Biología Molecular y Citogenética requiere diferentes espacios de aprendizaje adaptados al enfoque teórico-práctico de sus contenidos, a la diversidad de actividades que se desarrollan y al carácter dual del ciclo formativo en el que se integra. Los espacios empleados a lo largo del módulo son los siguientes:

- **Aula ordinaria:** destinada al desarrollo de explicaciones teóricas, dinámicas cooperativas, actividades y las distintas pruebas de evaluación. Este espacio dispone de pupitres y sillas móviles, lo que le otorga flexibilidad para trabajar bajo distintos tipos de agrupamiento, además de un ordenador, proyector, pizarra digital y conexión a internet.
- **Aula de informática:** empleada para el uso de herramientas digitales y bioinformáticas, la búsqueda y tratamiento de información y la producción y exposición de contenidos digitales bajo diversos formatos. Este espacio cuenta con sillas y mesas modulares orientadas al trabajo en grupo, ordenadores portátiles individuales, proyector, pizarra digital, micrófonos, cascos y conexión a internet, permitiendo el acceso a diferentes programas, plataformas y recursos digitales.
- **Laboratorio de Biología Molecular y Citogenética:** orientado al desarrollo de los procedimientos experimentales y al desarrollo de las destrezas técnicas vinculadas al ámbito sanitario y biomédico. Dicho espacio está organizado en distintas zonas de trabajo relacionadas con la hematología, bioquímica clínica, microbiología y biología molecular y citogenética, para favorecer el correcto procesamiento de las muestras y minimizar el riesgo de contaminación cruzada. Cuenta con mobiliario específico de laboratorio, como mesas resistentes a agentes químicos, taburetes regulables y armarios de para reactivos e instrumental. Asimismo, presenta instalaciones de agua, electricidad y gas y equipos de análisis, observación, incubación, esterilización y procesamiento de muestras. Además, incorpora sistemas de bioseguridad, como

lavajos y contenedores específicos para la gestión de residuos, permitiendo trabajar en condiciones similares a las de un entorno profesional.

- **Instalaciones del centro de prácticas** (hospital y laboratorio clínico): permiten complementar la formación del alumnado mediante la observación y participación en procedimientos propios del ámbito biosanitario, favoreciendo la transferencia de los aprendizajes al contexto profesional real. Estos espacios cuentan con equipamientos, instrumentos y recursos técnicos propios del ámbito clínico.

Además de los espacios físicos anteriores, el módulo se apoya en **entornos virtuales** de aprendizaje como **Google Classroom**, utilizados para la comunicación, distribución de materiales y entrega de tareas.

En lo que respecta a la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”, se emplean todos los espacios anteriormente descritos, alternándose según las necesidades de las actividades. El aula ordinaria se utiliza principalmente para la presentación del caso forense, las explicaciones teóricas, las dinámicas cooperativas y el trabajo por estaciones de aprendizaje. La flexibilidad en la reorganización de los elementos de la clase, como los pupitres y sillas, resulta clave en este caso para configurar distintos espacios de trabajo en función de los agrupamientos y metodologías empleadas: disposición individual durante la exposición docente a todo el grupo-clase, o en islas durante la resolución conjunta, en quipos de investigación, de actividades vinculadas al ABP y a las estaciones de aprendizaje. Por su parte, el aula de informática se emplea tanto de manera individual, como por parejas y equipos, gracias también al carácter modular de los puestos de trabajo, durante el uso de herramientas digitales y bioinformáticas relacionadas con el diseño de cebadores, el análisis e interpretación de resultados y la elaboración de productos digitales vinculados al ABP planteado. Asimismo, el laboratorio de Biología Molecular permite el desarrollo de prácticas contextualizadas en el caso forense. Las distintas bancadas del laboratorio hacen posible organizar al alumnado por parejas y equipos de investigación a la hora de llevar a cabo de manera cooperativa los procedimientos vinculados a la PCR y electroforesis en gel de agarosa, favoreciendo con ello la realización de las tareas, la manipulación segura de muestras y materiales y, en definitiva, el desarrollo óptimo de la actividad experimental que demanda este ABP.

2.6. Distribución del tiempo

La temporalización del módulo de Biología Molecular y Citogenética se organiza teniendo en cuenta el **calendario escolar de la Comunidad de Madrid para el curso 2025-2026** de la [Figura 3](#) (Anexo A), así como el día festivo correspondiente a la localidad de Leganés (10 de octubre). Asimismo, se tiene en consideración que, de acuerdo con el [Decreto 179/2015](#), dicho el módulo tiene una duración de **195 horas** distribuidas a lo largo de **6 horas semanales** durante el curso académico. Del mismo modo, se contempla la necesidad de reservar determinadas sesiones para los **periodos de evaluación**, así como un margen temporal destinado a **posibles imprevistos** derivados de la dinámica escolar.

En la [Tabla 7](#), se especifica la **secuenciación de las unidades de trabajo del módulo** en cada trimestre, así como los resultados de aprendizaje asociados y su distribución horaria. Dicha secuenciación se ha realizado atendiendo a una **progresión gradual de complejidad conceptual, técnica y procedimental**, comenzando por aquellas unidades más breves y con contenidos de carácter más introductorio y general, para avanzar progresivamente hacia técnicas más específicas y complejas. Asimismo, se indican aquellas unidades de trabajo cuyos Resultados de Aprendizaje contemplan criterios de evaluación que desarrollan de forma complementaria en la empresa o centro de prácticas, en coherencia con el carácter dual del ciclo formativo.

Por otra parte, en la [Tabla 8](#), se muestra el **cronograma específico** de la unidad de trabajo que nos ocupa, en el que se indica qué se va a trabajar en cada una de las sesiones y actividades, a lo largo de las distintas semanas.

Tabla 7 *Secuenciación, Resultados de Aprendizaje (RA) y distribución horaria de las Unidades de Trabajo (UT) del módulo de Biología Molecular y Citogenética.*

TRIMESTRE	UNIDADES DE TRABAJO (UT)	RA	HORAS/ SESIONES	HORAS TOTALES
1º	UT1. Caracterización de los procesos que se realizan en los laboratorios de Citogenética y Biología Molecular.	RA1	15	72
1º	UT2. Realización de cultivos celulares.	RA2	23	
1º	UT3. Aplicación de técnicas de análisis cromosómico en sangre periférica, líquidos y tejidos.	RA3	30	
1º	Periodo de evaluación	-	3	
1º	Posibles imprevistos		1	
2º	UT4. Aplicación de técnicas de extracción de ácidos nucleicos a muestras biológicas.	RA4	41	72
2º	UT5. “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.	RA5	10	
2º	Periodo de evaluación	-	3	
2º	Posibles imprevistos	-	1	
3º	UT6. Aplicación de técnicas de hibridación con sonda a las muestras de ácidos nucleicos, cromosomas y cortes de tejidos.	RA6	23	51
3º	UT7. Determinación de métodos de clonación y secuenciación de ácidos nucleicos.	RA7	24	
3º	Periodo de evaluación	-	3	
3º	Posibles imprevistos	-	1	
			Horas totales	195

Nota: en color naranja se resaltan aquellas unidades de trabajo cuyo resultado de aprendizaje contempla criterios de evaluación que se trabajan parcialmente en los centros de trabajo; en color verde se especifica la unidad de trabajo correspondiente a esta programación.

Fuente: elaboración propia en base al Decreto 179/2015, de 29 de julio.

Tabla 8 *Cronograma de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.*

CRONOGRAMA			
SEMANA	SESIÓN	DURACIÓN	ACTIVIDADES
1	1	55 minutos	<i>Ayuda, ¿se ha producido un crimen!!</i>
			Presentación y contextualización del caso forense
			Lectura individual del dossier del caso
			Formación de equipos de investigación y asignación de roles
			Resolución de preguntas orientadoras y formulación de hipótesis en equipo
			Puesta en común y cierre
	2	55 minutos	<i>Sin técnica, no hay culpable</i>
			Revisión de las hipótesis de la anterior sesión e introducción teórica a la PCR
			Visualización y resolución por parejas de una actividad en Edpuzzle sobre los fundamentos de la PCR

Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de los ácidos nucleicos mediante la integración de la Gamificación en el Aprendizaje Basado en Problemas. Programación para el módulo de Biología Molecular y Citogenética del primer curso del CFGS de Técnico Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico

			Visualización de un segundo video sobre los tipos de PCR y realización de un cuestionario en Google Forms por parejas
			Cumplimentación en equipo de una ficha técnica sobre la selección y justificación del tipo de PCR a emplear en el caso forense propuesto
	3	55 minutos	<i>Seleccionando la diana genética</i>
			Devolución de resultados de la sesión anterior y asignación de pases al laboratorio de Biología Molecular
			Actividad de refuerzo sencilla para el alumnado que no supera los conocimientos mínimos y asignación de pase al laboratorio de Biología Molecular
			Presentación contextualizada sobre PCR multiplex y diseño de cebadores, complementada con una dinámica guiada de análisis de errores
	4	55 minutos	Obtención por parejas de la secuencia del marcador STR en GenBank y diseño <i>in silico</i> de sus correspondientes cebadores mediante Primer-BLAST (NCBI)
			Elaboración, por equipos, de un video de síntesis del trabajo realizado, mediante NotebookLM, con posibilidad de ampliación
			Obtención de la primera cifra del código necesario para la fase final del caso
	5	55 minutos	<i>La evidencia se amplifica</i>
			Introducción a la amplificación de marcadores STR mediante PCR, comenzando con la preparación a la <i>master mix</i> y de las mezclas de reacción
			Visualización individual de un video sobre la función de los reactivos de la PCR y realización de un cuestionario gamificado "Time to Climb" en Nearpod
			Visualización individual de un video sobre el cálculo de la <i>master mix</i> y resolución, en equipo, de un ejercicio aplicado en Nearpod
	6	55 minutos	Simulación en el laboratorio virtual Cibertorio del pedido de los reactivos y de la preparación de las mezclas de reacción
			Preparación por equipos en el laboratorio de las mezclas de reacción de PCR, incluidos los controles
			Revisión de las fases de la PCR y programación del termociclador por equipos (comienzo de la PCR)
			Obtención de la segunda cifra del código necesario para la fase final del caso
2	7	55 minutos	<i>La huella del ADN</i>
			Preparación en el laboratorio de un gel de agarosa por equipo siguiendo un PNT
			Estaciones de aprendizaje en equipo sobre distintos aspectos de la electroforesis (primera parte)
	8	55 minutos	Montaje de cubeta, carga de muestras y desarrollo de electroforesis
			Estaciones de aprendizaje en equipo sobre distintos aspectos de la electroforesis (segunda parte)
	9	55 minutos	Visualización y fotografiado de resultados obtenidos en los geles de agarosa
			Presentación docente del análisis e interpretación de geles con ImageJ y Microsoft Excel y elaboración de un Padlet colaborativo con los resultados obtenidos, su discusión y las conclusiones del análisis forense.
			Obtención de la tercera cifra del código necesario para la fase final del caso
	10	55 minutos	<i>Diagnóstico forense, ¡caso cerrado!</i>
			Apertura del expediente digital del caso mediante el código obtenido durante la unidad (<i>breakout</i>)
			Explicación docente de la elaboración de la memoria científica y del informe técnico-pericial y comienzo del trabajo por equipos.
			Autoevaluación, coevaluación y valoración final de la unidad mediante cuestionario de Google Forms

Fuente: elaboración propia.

2.7. Selección y organización de los recursos y materiales

2.7.1. Recursos espaciales

Los espacios empleados tanto para el desarrollo del módulo de Biología Molecular, como de presente unidad de trabajo, son el **aula ordinaria**, el **aula de informática** y el **laboratorio de Biología Molecular**, previamente descritos en el apartado 2.5. Organización de los espacios de aprendizaje.

2.7.2. Recursos personales

Tanto a nivel de módulo como de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”, intervienen fundamentalmente el **docente especialista** y el **alumnado**. En el conjunto del módulo de Biología Molecular, el docente actúa como facilitador del proceso de enseñanza-aprendizaje, planificando y coordinando las distintas actividades y orientando al alumnado hacia la adquisición progresiva de las competencias técnicas y profesionales propias de la Biología Molecular y la Citogenética.

De manera más concreta, en la presente unidad de trabajo y, especialmente dentro de la metodología de Aprendizaje Cooperativo, el **docente adopta el papel de guía y mediador**, diseñando las dinámicas del trabajo en equipo, asignando roles, supervisando la interacción entre los estudiantes y proporcionando apoyo y retroalimentación continua durante el desarrollo de las actividades relacionadas con la resolución del caso forense y la aplicación de las técnicas de PCR y electroforesis en gel de agarosa.

Por su parte, **los discentes se convierten en protagonistas de su propio aprendizaje**, organizándose en equipos de investigación con roles definidos y asumiendo de forma conjunta responsabilidades relacionadas con las técnicas anteriormente descritas como el diseño de cebadores, la preparación de mezclas de reacción, el desarrollo de la PCR y de la electroforesis y la interpretación de perfiles genéticos para resolver el caso forense planteado.

2.7.3. Materiales y equipamiento de laboratorio

El laboratorio de Biología Molecular y Citogenética del centro dispone del **equipamiento básico** para el desarrollo de las prácticas propias de un ciclo de formación profesional relacionado con el análisis de ácidos nucleicos, los cultivos celulares y las técnicas

citogenéticas. Entre los equipos generales destacan microscopios ópticos, centrífugas, autoclave, cabina de flujo laminar, incubadoras, nevera y congelador para la conservación de muestras y reactivos, así como balanzas analíticas, agitadores y pH-metros.

En relación con las técnicas específicas de Biología Molecular, el laboratorio cuenta **equipos específicos** con termocicladores, equipos de electroforesis, transiluminador, baños de agua, microondas y micropipetas de distintos volúmenes, entre otros. Asimismo, para el desarrollo de las prácticas de Citogenética, dispone, además de los microscopios mencionados, de una cámara digital para los estudios cromosómicos, como el cariotipo.

El laboratorio también dispone de **material fungible habitual**, como tubos Eppendorf, puntas de micropipetas, placas Petri, portaobjetos y cubreobjetos, vasos de precipitados, Erlenmeyer, probetas, guantes, etc. Del mismo modo, cuenta con reactivos básicos, entre los que destacan agarosa, tampones, colorantes de ADN y celulares, enzimas y medios de cultivo celular.

Asimismo, el laboratorio incluye **armarios específicos** para el almacenamiento de reactivos y material, así como **instalaciones y elementos de bioseguridad**, entre los que se incluyen distintos recipientes para la gestión de residuos biológicos y químicos, extintores y lavaojos de emergencia.

En la unidad de trabajo que nos ocupa, adquieren especial relevancia los materiales, equipamientos y reactivos relacionados con las técnicas de PCR y electroforesis en gel de agarosa. En relación con el **equipamiento**, se emplean principalmente: termociclador, equipos de electroforesis horizontal, micropipetas p20 y p200, centrífugas, baño de agua y microondas para la preparación de geles de agarosa. Asimismo, se requieren **Equipos de Protección Individual (EPIs)**, como bata y guantes, y recipientes específicos para la **gestión de los residuos biológicos y químicos** que se generan durante las prácticas. Entre los **materiales fungibles y reactivos empleados** destacan tubos Eppendorf, gradillas, puntas de micropipetas con y sin filtro, rotuladores de vidrio, cinta adhesiva, agarosa, agua destilada, cubetas con hielo, tampón TAE 50x y colorante de tinción de ADN. Finalmente, se requiere de el **kit comercial Crime Scene Investigator PCR Basics™** de Bio-Rad, que contiene la *master mix*, el ADN de la escena del crimen y de los cuatro sospechosos, los cebadores para el locus TH01, el marcador de pesos moleculares, el tampón de carga y los tubos de PCR y sus adaptadores.

2.7.4. Recursos y herramientas digitales y tecnológicas

En el módulo como en la presente unidad de trabajo se emplean distintos **recursos TIC** destinados a la producción y presentación de contenidos, gestión del aprendizaje, simulación de procedimientos, análisis bioinformático e interpretación de resultados experimentales.

A nivel general de módulo, se utilizan ordenadores con conexión a internet, pizarras digitales, proyectores, pantallas, calculadoras y dispositivos móviles con fines educativos, así como distintas plataformas y aplicaciones destinadas al apoyo del proceso de enseñanza-aprendizaje. Entre ellas, destacan Google Classroom para la gestión y entrega de actividades, software de edición de texto y presentaciones y otras herramientas digitales de apoyo al aprendizaje.

De forma más específica, en la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis de un caso forense”, se emplean herramientas digitales como **Genially** para la presentación interactiva de contenidos, **Edpuzzle** y **Nearpod** para el desarrollo de actividades audiovisuales y cuestionarios gamificados, **YouTube** para la visualización de vídeos divulgativos y técnicos, y **Google Forms** para actividades de evaluación. Asimismo, se utilizan **NotebookLM** y **Google Classroom** para la elaboración de vídeos y audios de síntesis y **Padlet** para la interpretación y discusión cooperativa de resultados. Además, se emplean herramientas bioinformáticas y de análisis de datos habituales en el ámbito científico, como **GenBank** y **Primer-BLAST (NCBI)** para la búsqueda de secuencias y el diseño *in silico* de cebadores, el **laboratorio virtual Cibertorio** para la simulación académica de procedimientos de Biología Molecular, e **ImageJ** y **Microsoft Excel** para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los geles de electroforesis. Finalmente, también se utilizan aplicaciones como **Microsoft Word** y **Canva** para la elaboración de la memoria científica, el informe técnico-pericial e infografías con contenido de ampliación.

2.7.5. Materiales didácticos

Tanto a nivel de módulo como de unidad de trabajo se emplean distintos materiales didácticos destinados a facilitar la adquisición de conocimientos teóricos, el desarrollo de procedimientos técnicos y la contextualización profesional de los aprendizajes propios de la Biología Molecular y la Citogenética.

Para el desarrollo del módulo son necesarias presentaciones docentes, guías de apoyo, fichas de actividades, protocolos y Procedimientos Normalizados Trabajo (PNT), así como diversos documentos de evaluación y distintos materiales impresos y digitales destinados a orientar el proceso de enseñanza-aprendizaje y a la evaluación del alumnado.

Específicamente, en la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense” adquieren especial relevancia los materiales vinculados a la resolución del caso planteado y a la simulación de un contexto profesional de genética forense. Entre ellos destacan: **dosier** inicial del caso, **presentaciones docentes**, **fichas** de selección del tipo de PCR y de apoyo para el diseño de cebadores, **guías** para el uso del laboratorio virtual Cibertorio y la elaboración de la memoria científica y del informe técnico-pericial, **PNTs** para el desarrollo de la electroforesis y **plantillas** correspondientes a las estaciones de aprendizaje, entre otros. Asimismo, también adquieren relevancia como materiales didácticos los distintos **videos divulgativos, técnicos e interactivos** utilizados a lo largo de la unidad, como los empleados en Edpuzzle y Nearpod para el estudio de los fundamentos, variantes y reactivos de la PCR, así como los relacionados con la electroforesis en gel de agarosa y el análisis genético forense. Por último, también se utilizan distintos **instrumentos de evaluación** como rúbricas, listas de cotejo, escalas de valoración, registros anecdóticos y cuestionarios, destinados a orientar la enseñanza de esta unidad y a valorar el grado de adquisición de los resultados de aprendizaje y criterios de evaluación establecidos.

2.8. Atención a la diversidad

El módulo de Biología Molecular y Citogenética y, con ello la presente unidad de trabajo, se fundamenta en los principios de **equidad, inclusión y accesibilidad universal** establecidos en la [Ley Orgánica 3/2020](#), así como en el [Decreto 23/2023](#). En consonancia con ello, las actividades planteadas incorporan **medidas ordinarias y adaptaciones metodológicas no significativas**, con el fin de garantizar la participación, el aprendizaje y el desarrollo competencial de todo el alumnado, incluyendo aquel que presenta Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE).

En un contexto de Formación Profesional como éste, la atención a la diversidad adquiere especial relevancia debido a la **heterogeneidad característica del alumnado**. Y es que, en el

presente grupo-clase conviven estudiantes con distintos perfiles de acceso, edades y experiencias académicas y laborales previas, que tienen diferentes intereses profesionales y formativos. Esta diversidad repercute directamente en los conocimientos previos, los ritmos de aprendizaje, el grado de autonomía y la motivación hacia los contenidos del módulo, haciendo necesario plantear una **respuesta educativa flexible, inclusiva y adaptada**.

Partiendo de esta realidad, la unidad didáctica “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense” se diseña persiguiendo los **principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA)**, proporcionando múltiples formas de implicación, de representación de la información y del contenido, y de acción y expresión. Dichas formas se detallan a continuación:

- ◇ **Múltiples formas de implicación:** a través de la presente propuesta se pretende que el alumnado se implique de forma activa en todo el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el Aprendizaje Cooperativo y la Gamificación. En este sentido, el ABP favorece la implicación del alumnado a través de la resolución progresiva de un caso forense contextualizado en un entorno profesional, en el que debe formular hipótesis, tomar decisiones, analizar muestras y resolver el caso aplicando técnicas de Biología Molecular. Asimismo, el Aprendizaje Cooperativo favorece múltiples formas de implicación mediante el trabajo en parejas y en equipos de investigación heterogéneos con roles definidos, en los cuales cada estudiante participa de acuerdo con sus fortalezas y ritmos de aprendizaje, al tiempo que ello repercute positivamente en el conjunto del grupo. Asimismo, cabe mencionar que las actividades cooperativas se alternan con tareas individuales, permitiendo que algunos estudiantes se impliquen más al profundizar en los contenidos, mientras que otros consolidan aprendizajes básicos mediante actividades de refuerzo y acompañamiento más guiado. Por otra parte, la gamificación potencia la implicación del alumnado a través del incremento de la motivación, al presentarse una narrativa de un caso forense y la superación progresiva de retos vinculados a la obtención de un código necesario para su resolución final.

- ◇ **Múltiples formas de representación de la información y del contenido:** la presente programación propone que el docente presente la información bajo diversos formatos y a través de distintas vías de acceso, para adaptarse a los distintos estilos de aprendizaje. Para ello, se combinan explicaciones orales, presentaciones visuales, videos interactivos, simulaciones virtuales, demostraciones prácticas de laboratorio y bioinformáticas, guiones y Procedimientos Normalizados de Trabajo (PNT), tarjetas, fotografías y esquemas, entre otros. En este punto cobran especialmente importancia las sesiones en las que se trabaja por estaciones de aprendizaje ya que, en cada una de ellas, la información se presenta a través de distintas vías, incorporando recursos textuales, visuales, manipulativos, orales y digitales. Asimismo, conviene destacar que los contenidos se presentan de forma progresiva y secuenciadas, comenzado por actividades concretas, más sencillas y guiadas con la comprensión básica de la PCR y la electroforesis, para avanzar posteriormente hacia tareas de mayor complejidad relacionada con el diseño de cebadores, la práctica, la interpretación de resultados y la elaboración de informes científico-técnicos.
- ◇ **Múltiples formas de acción y expresión:** la unidad permite que el alumnado demuestre los aprendizajes adquiridos a través de formas de expresión diversas, como la oral, escrita, manipulativa, audiovisual y digital. De este modo, el alumno responde a cuestionarios interactivos, resuelve problemas numéricos, diseña cebadores y analiza imágenes con herramientas bioinformáticas, lleva a cabo una PCR y electroforesis en el laboratorio, elabora vídeos, audios, Padlet y memorias científico-técnicas, entre otros. Asimismo, en aquellos casos en los que se requiere, se flexibiliza el formato de respuesta, priorizando la comprensión, interpretación y aplicación de los contenidos, frente a éste.

Medidas de refuerzo y ampliación

La programación incorpora también medidas destinadas a atender los distintos niveles de aprendizaje que puede haber dentro del grupo-clase. Por un lado, se plantean **actividades de refuerzo** guiado para el alumnado que no alcance los contenidos mínimos relacionados con la PCR y que son necesarios para poder acceder al laboratorio de Biología Molecular y continuar con aquellos que le permiten resolver el caso. Y, por otro lado, se proponen **actividades de**

ampliación a aquellos estudiantes que presentan un mayor dominio de los contenidos y finalizan las tareas con mayor rapidez, como la investigación sobre la aplicación de la PCR multiplex y electroforesis capilar en el análisis genético forense, mediante de la elaboración voluntaria de una infografía en Canva.

Medidas específicas de atención a la diversidad

Dentro del grupo-clase, se cuenta con una alumna con **Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE)**, concretamente con **dislexia**, lo que implica la presencia de una **Dificultad Específica de Aprendizaje (DEA)**. En este caso, las medidas adoptadas corresponden a **adaptaciones no significativas**, fundamentalmente de **carácter metodológico y no curricular**, sin modificación de los resultados de aprendizaje ni de los criterios de evaluación y calificación asociados. Entre las medidas aplicadas a lo largo de la unidad destacan: **flexibilidad temporal** en tareas de lectura y escritura, **segmentación de actividades** en tareas pequeñas, **secuenciación** de instrucciones, **adaptación de textos escritos** (mediante información fragmentada, con apoyos visuales, mayor interlineado, palabras clave destacadas y uso de fuentes sans-serif como OpenDyslexic de tamaño no inferior a 12 puntos), así como el empleo de **herramientas digitales de apoyo a la lectura y escritura** como lectores de texto o diccionarios digitales. Del mismo modo, se contempla la **priorización de la expresión oral** cuando resulte necesario, el desempeño de un **rol de acuerdo con sus fortalezas** dentro del trabajo cooperativo y la asignación de un/a compañero/a como **apoyo lingüístico**, tal y como se recoge en la [Tabla 9](#) (Anexo B). De cara a su evaluación, según lo expuesto anteriormente, se mantienen los mismos criterios de evaluación y de calificación asociados al resultado de aprendizaje. No obstante, se le permitirá disponer de **tiempo adicional** en aquellas actividades que impliquen lectoescritura y **no se le penalizarán aspectos como la caligrafía o las faltas de ortografía**, priorizando la demostración de los conocimientos.

Por último, conviene destacar que, pese a que se contemplen todas las medidas anteriormente descritas, la realidad del aula siempre es dinámica y cambiante, por lo que resulta imposible prever todas necesidades y situaciones que pueden surgir durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por ello, **la intervención docente deberá mantenerse abierta y flexible**, para ir ajustando las medidas metodológicas a las necesidades que se vayan detectando.

2.9. Evaluación

La evaluación del módulo de Biología Molecular y Citogenética se realiza de acuerdo con lo establecido en el [Real Decreto 771/2014](#), atendiendo a los todos Resultados de Aprendizaje (RA) y Criterios de Evaluación (CE) que figuran en el Anexo I. No obstante, en la presente unidad de trabajo se tienen únicamente en cuenta algunos de los CE asociados al RA 5 (“Aplica técnicas de PCR y electroforesis al estudio de los ácidos nucleicos, seleccionando el tipo de técnica en función del estudio que se va a realizar”). Dichos criterios se indican en la [Tabla 10](#) (Anexo C).

Por otra parte, cabe destacar que, a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje se desarrollan distintos tipos de evaluación en función del momento y de su finalidad. En primer lugar, se lleva a cabo una **evaluación inicial diagnóstica** durante la primera sesión de la unidad, orientada a identificar las ideas previas y posibles preconceptos erróneos del alumnado acerca de las técnicas de PCR y electroforesis, con el fin de adaptar el posterior desarrollo de la unidad a las características y necesidades del grupo. Posteriormente, tiene lugar una **evaluación continua formativa** durante el resto de las actividades y sesiones de la unidad, con el objetivo de valorar progresivamente la adquisición de conocimientos, destrezas técnicas y competencias profesionales, así como proporcionar una retroalimentación constante al alumnado con el propósito de que mejore su aprendizaje. Finalmente, teniendo en cuenta todo el trabajo desarrollado por el alumnado a lo largo de la unidad, se realiza una **evaluación final sumativa** que culmina con la valoración de una memoria científica y un informe técnico-pericial, debido a su carácter integrador y a su capacidad de evidenciar la consolidación de los aprendizajes adquiridos durante las distintas sesiones.

Del mismo modo, se combinan distintos agentes de evaluación. Aunque predomina la **heteroevaluación** desarrollada por el propio docente mediante la aplicación de distintas técnicas e instrumentos, se incorporan procesos de **coevaluación** entre iguales correspondientes a todas las actividades asociadas a las técnicas de PCR y electroforesis desarrolladas en parejas y en equipos de investigación. Asimismo, desde la primera sesión, se favorecen procesos de **autoevaluación** indirecta, cuando el alumnado reflexiona sobre sus propias ideas previas y conocimientos al enfrentarse a las preguntas iniciales incluidas en el dossier del caso. Además, junto con la coevaluación, a través de un cuestionario final se

incorpora una **autoevaluación** orientada hacia la metacognición y, con ello, a la mejora del propio aprendizaje.

En cuanto al diseño de **los instrumentos de evaluación**, se emplean herramientas variadas en línea con los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y de atención a la diversidad. Además, dichos instrumentos se encuentran adaptados a las características de las distintas actividades y a sus correspondientes criterios de evaluación. De este modo, durante la actividad inicial se utiliza el **dosier** de la [Figura 4](#) (Anexo C), con preguntas orientadas a identificar las ideas previas y posibles preconceptos erróneos del alumnado acerca las técnicas de la unidad y su aplicación. Dicho dossier se complementa con un **registro anecdótico** para recoger las observaciones relacionadas con la participación en el razonamiento inicial. En la segunda sesión, se emplean cuestionarios realizados mediante [Edpuzzle](#) y [Google Forms](#) para evaluar los conocimientos relacionados con los fundamentos y tipos de PCR, así como la **lista de cotejo** de la [Tabla 11](#) (Anexo C) para valorar la selección y justificación del tipo de PCR más adecuada para el presente caso. Posteriormente, en las sesiones 3 y 4, se utiliza la **escala de valoración tipo Likert** de la Tabla 12 (Anexo C), con el fin de evaluar el vídeo elaborado mediante NotebookLM acerca del diseño de cebadores para marcadores STR. En las sesiones 5 y 6, se emplean distintos instrumentos destinados a evaluar tanto conocimientos teóricos como procedimientos técnicos relacionados con los reactivos de PCR, el cálculo y preparación de mezclas de reacción y la correcta programación del termociclador, combinándose para ello [cuestionarios interactivos](#), [ejercicios](#), las **listas de cotejo** de las [Tablas 13](#) y [14](#) (Anexo C) y la **escala Likert** de la [Tabla 15](#) (Anexo C). En las sesiones 7, 8 y 9 se emplea la **rúbrica** de la [Tabla 16](#) (Anexo C), destinada a evaluar la selección de peso molecular en las estaciones de aprendizaje, la carga del marcador, muestras y controles en el gel de electroforesis y la determinación del tamaño de los fragmentos amplificados mediante herramientas bioinformáticas. Finalmente, en la sesión 10, se utiliza la **rúbrica** de la [Tabla 17](#) (Anexo C) con el propósito valorar la memoria científica y el informe técnico-pericial elaborados por los equipos de investigación, evaluando tanto la argumentación científica como la resolución del caso forense tras la determinación del tamaño de los fragmentos amplificados y su correcta interpretación. Asimismo, tal y como se ha comentado con anterioridad, como parte del

proceso de evaluación, los discentes llevan a cabo una **autoevaluación y coevaluación**, la cual se realiza a través de un [cuestionario](#).

Todos los aspectos anteriormente mencionados quedan recogidos en la [Tabla 18](#).

Tabla 18 Síntesis del proceso de evaluación de la Unidad de Trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.

Actividad	Sesión	Momento de evaluación	Finalidad de evaluación	Agente evaluador	Criterio de evaluación	Instrumento de evaluación
<i>Ayuda, ¿se ha producido un crimen!</i>	1	Inicial	Diagnóstica	Heteroevaluación y autoevaluación	No aplica	◊ Registro anecdótico ◊ Dosier
<i>Sin técnica, no hay culpable</i>	2	Continua	Formativa	Heteroevaluación	5.a)	◊ Cuestionarios 1 y 2 ◊ Lista de cotejo
<i>Seleccionando la diana genética</i>	3 y 4	Continua	Formativa	Heteroevaluación	5.a)	◊ Escala Likert
<i>La evidencia se amplifica</i>	5 y 6	Continua	Formativa	Heteroevaluación	5.c) y 5.e)	◊ Cuestionario ◊ Prueba escrita ◊ Escala Likert ◊ Listas de cotejo 1 y 2
<i>La huella del ADN</i>	7, 8 y 9	Continua	Formativa	Heteroevaluación	5.f), 5.g) y 5.i)	◊ Rúbrica
<i>Diagnóstico forense, ¡caso cerrado!</i>	10	Final	Formativa Sumativa	Heteroevaluación, coevaluación y autoevaluación	5.a) y 5.i)	◊ Rúbrica ◊ Cuestionario

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, en lo que respecta a los **criterios de calificación** y, de acuerdo con lo establecido por la [Ley Orgánica 3/2020](#), la obtención de la calificación numérica se realiza a partir de la ponderación de los distintos criterios de evaluación asociados a los resultados de aprendizaje trabajados de la unidad. En el caso de la Comunidad de Madrid, de acuerdo con el [Decreto 21/2025](#), el docente tiene libertad a la hora de establecer los pesos de cada uno de los criterios de evaluación. En base a ello, en este caso, se le ha asignado un peso específico a cada criterio de evaluación en función de su complejidad cognitiva y práctica, la carga lectiva destinada a su desarrollo, su frecuencia o transversalidad a lo largo de las distintas actividades y su relevancia dentro del resultado de aprendizaje de cara al desempeño profesional. Asimismo, a los criterios considerados básicos (5.a, 5.c y 5.i) se les ha otorgado una ponderación suficiente que permita garantizar la superación de la unidad didáctica mediante

un dominio adecuado de los mismos. La distribución de dicha ponderación, así como los instrumentos de evaluación asociados a cada criterio, se recoge en la [Tabla 19](#).

Tabla 19 *Criterios de calificación de la Unidad de Trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.*

Criterio de evaluación	Instrumentos de evaluación asociados	Peso del instrumento	Peso total del CE	Calificación máxima (sobre 10)
5.a) Se ha descrito la técnica de PCR, sus variantes y aplicaciones.	Cuestionarios 1 y 2	10 %	30 %	3
	Lista de cotejo	5 %		
	Escala Likert	5 %		
	Rúbrica	10 %		
5.c) Se ha preparado la solución mezcla de reactivos en función del protocolo, la técnica y la lista de trabajo.	Cuestionario	2,5 %	20 %	2
	Ejercicio	7,5 %		
	Lista de cotejo	2,5 %		
	Escala Likert	7,5 %		
5.e) Se ha programado el termociclador para realizar la amplificación.	Lista de cotejo	15 %	15 %	1,5
5.f) Se ha seleccionado el marcador de peso molecular y el tipo de detección en función de la técnica de electroforesis que hay que realizar.	Rúbrica	10 %	10 %	1
5.g) Se han cargado en el gel el marcador, las muestras y los controles.	Rúbrica	10 %	10 %	1
5.i) Se ha determinado el tamaño de los fragmentos amplificados.	Rúbrica	10 %	15 %	1,5
	Rúbrica	5 %		
TOTAL		100 %	100 %	10

Fuente: elaboración propia.

2.10. Unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”

La unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense” se encuentra enmarcada dentro del módulo de Biología Molecular y Citogenética, junto a otras seis unidades más, las cuales se detallan en la [Tabla 7](#) del apartado 2.6. Distribución del tiempo.

La unidad de trabajo que nos ocupa (UT5), cuenta a su vez con seis actividades, distribuidas a lo largo de diez sesiones, de 55 minutos de duración cada una. El diseño y la descripción detallada de cada una de estas actividades se muestra en las Tablas [20](#), [21](#), [22](#), [23](#), [24](#) y [25](#). Por otra parte, tal y como se puede apreciar, en la [Tabla 24](#) correspondiente a la actividad “La huella del ADN”, se lleva a cabo el Aprendizaje por Estaciones. Las actividades

correspondientes a cada una de estas estaciones se recogen de manera detallada en la Tabla 26 (Anexo D).

Tabla 20 *Diseño de la primera actividad de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.*

MÓDULO PROFESIONAL: Biología Molecular y Citogenética		
UT - ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense		
Título de la actividad	Sesión	Lugar
Ayuda, ¿se ha producido un crimen!	1	Aula ordinaria
Tipología	Fase del ABP: presentación del problema, elaboración de una hipótesis explicativa e identificación de aquello que se ha aprender. Tipos de actividad: detección de ideas previas, activación del conocimiento y motivación.	
Objetivos	Contenidos	
Etapas: a), d) y g) Generales: I) Didácticos: OD8	Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de ácidos nucleicos: Aplicaciones diagnósticas y forenses a las técnicas de PCR.	
Metodología		
ABP (inicio de la resolución de un problema con la presentación de un caso contextualizado), Aprendizaje Cooperativo (trabajo en grupos con roles definidos) y Gamificación (fase inicial a través de una narrativa que favorece la motivación y la implicación del alumnado).		
Competencias Profesionales, Personales y Sociales (CPPS)	Elementos transversales	
g)	Comprensión lectora, expresión escrita, trabajo cooperativo y ODS 3	
Descripción de la actividad		
La sesión comienza con la presentación de un caso contextualizado en un entorno profesional realista. El docente introduce la narrativa indicando que se ha hallado el cadáver de un varón en su domicilio, con indicios de muerte violenta, y que en la escena se ha recogido una muestra biológica (cabello) que podría pertenecer a uno de los cuatro sospechosos. A partir de esta situación, se propone al alumnado que, en el rol de técnicos de laboratorio del Servicio de Análisis Clínicos de un hospital, analicen las muestras recogidas para poder, a petición del juez del caso, determinar su origen mediante técnicas de Biología Molecular. A continuación, se entrega a los estudiantes un dossier del caso con la información relevante, que analizan mediante una lectura individual para identificar los elementos clave del problema. Posteriormente, se organizan en grupos, para responder en el dossier a una serie de preguntas iniciales destinadas a identificar sus ideas previas y posibles preconcepciones erróneas acerca del análisis genético forense y de las técnicas de Biología Molecular implicadas, formulando, en última instancia, una hipótesis sobre cómo abordar el caso. Asimismo, se les indica que estos grupos conformarán los equipos de investigación para resolver el caso a lo largo de distintas sesiones, definiéndose los roles, e introduciendo de manera general la dinámica gamificada, sin detallar aún la fase final. Por último, se realiza una puesta en común en la que los grupos comparten sus propuestas, mientras que el docente recoge las aportaciones y orienta el proceso hacia la necesidad de adquirir nuevos conocimientos que permitan resolver el problema en las siguientes sesiones.		
Agrupamientos	Recursos	Temporalización
Individual (lectura del dossier e identificación inicial del problema), equipos de 4 alumnos (preguntas del dossier y formulación de hipótesis) y grupo-clase (puesta en común final).	Espaciales: aula ordinaria. Personales: docente y alumnado. Materiales: ordenador, pizarra digital, dossier del caso y bolígrafos. Digitales: presentación docente y software de presentaciones.	Una sesión de 55 minutos (min): presentación del caso forense (10 min), lectura individual del dossier (10 min), formación de equipos de investigación y asignación de roles (10 min), resolución de preguntas y formulación de hipótesis en grupo (15 min) y puesta en común y cierre (10 min).
Resultados de aprendizaje (RA)	Criterios de evaluación (CE)	Instrumentos de evaluación
RA5	No aplica	Observación directa con registro anecdótico y dossier grupal del caso .
Atención a la diversidad		
El trabajo en grupos heterogéneos con roles definidos permite aprovechar las fortalezas del alumnado derivadas de su edad y perfil de acceso, favoreciendo el apoyo entre iguales, a la vez que facilita la inclusión de la alumna con dislexia mediante una participación ajustada y acompañada por el equipo y, específicamente por un/a compañero/a que sirve de apoyo lingüístico. Asimismo, la identificación inicial de ideas previas y posibles preconcepciones erróneas permite al docente ajustar el desarrollo posterior de la unidad a las necesidades reales del alumnado. En el caso de dicha alumna el dossier se		

adapta con mayor separación entre líneas, palabras clave en negrita y apartados más diferenciados, así como con tipografía OpenDyslexic. Por otra parte, se le proporciona mayor tiempo para su lectura. En cuanto a la expresión, se flexibiliza la forma de respuesta, priorizando el contenido frente a la corrección ortográfica y, permitiendo, cuando sea necesario, intervenciones orales en vez de escritas. Por último, se le asigna el rol de “responsable de laboratorio” dadas sus fortalezas, con el fin de fomentar su participación activa.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21 Diseño de la segunda actividad de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.

MÓDULO PROFESIONAL: Biología Molecular y Citogenética		
UT - ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense		
Título de la actividad	Sesión	Lugar
Sin técnica, no hay culpable	2	Aula de informática
Tipología	Fase del ABP: aprendizaje. Tipo de actividades: desarrollo, aplicación y consolidación.	
Objetivos	Contenidos	
<u>Etapa:</u> a), d), g) y k) <u>Generales:</u> l) <u>Didácticos:</u> OD1, OD2, OD8	Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de ácidos nucleicos: - Técnicas de PCR y variantes: PCR multiplex, RT-PCR, PCR nested y PCR a tiempo real. - Aplicaciones diagnósticas y forenses a las técnicas de PCR.	
Metodología		
ABP (el caso conduce a la necesidad de aprender la PCR para analizar la muestra), clase magistral (introducción de la PCR), Aprendizaje Cooperativo (trabajo en parejas y en grupos de 4 para resolver actividades y tomar decisiones conjuntas) y Gamificación (superación de pruebas que permiten acceder al laboratorio y avanzar en el caso).		
Competencias Profesionales, Personales y Sociales (CPPS)	Elementos transversales	
g) y m)	Competencia digital, trabajo cooperativo, espíritu crítico científico y ODS 3.	
Descripción de la actividad		
La sesión comienza retomando el caso planteado, revisando las preguntas e hipótesis formuladas y orientando al alumnado hacia la necesidad de identificar cómo analizar la muestra biológica en el presente caso forense. A partir de ello, el docente introduce la PCR como técnica clave, explicando sus fundamentos básicos, componentes, fases y principales aplicaciones en Genially. A continuación, para profundizar y consolidar conocimientos, los equipos de investigación se subdividen en parejas y cada una de ellas visualiza dos vídeos: un vídeo interactivo de Edpuzzle sobre los fundamentos de la PCR, respondiendo a las preguntas asociada, y un segundo vídeo sobre los principales tipos de PCR, acompañado de un cuestionario de Google Forms. Dentro de cada equipo, se consideran los mejores resultados obtenidos, fomentando la responsabilidad compartida y el apoyo entre iguales. Finalmente, los grupos vuelven a reunirse para aplicar lo aprendido mediante la cumplimentación de una ficha técnica, en la que seleccionan y justifican el tipo de PCR a aplicar en el caso planteado, estableciendo así un puente entre la adquisición de conocimientos y su aplicación en un contexto profesional real. La dinámica de gamificación se incorpora en la sesión permitiendo que los equipos puedan obtener la autorización para acceder al laboratorio de Biología Molecular, requisito necesario para continuar con el proceso de identificación del sospechoso. Para ello, deben haber adquirido los contenidos mínimos relativos a la PCR (comprensión, identificación de sus componentes y fases y de sus variantes y aplicaciones), a través de las anteriores actividades. En caso de no alcanzar dichos mínimos, se plantea una actividad de refuerzo en la siguiente sesión para garantizar la adquisición de los aprendizajes necesarios, sin impedir el progreso en la resolución del caso.		
Agrupamientos	Recursos	Temporalización
Grupo-clase (introducción inicial), parejas (visualización de vídeos y cuestionarios), equipo de 4 alumnos (aplicación al caso con ficha técnica)	<u>Espaciales:</u> aula de informática. <u>Personales:</u> docente y alumnado. <u>Materiales:</u> pizarra digital, ordenadores, ficha técnica y bolígrafos. <u>Digitales:</u> Genially , Edpuzzle , YouTube , Google Forms y Google Classroom, conexión a internet.	Una sesión de 55 minutos (min): introducción (7 min), Edpuzzle (20 min), segundo vídeo y cuestionario de Google (18 min) y aplicación al caso mediante ficha en grupo (10 min).

Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de los ácidos nucleicos mediante la integración de la Gamificación en el Aprendizaje Basado en Problemas. Programación para el módulo de Biología Molecular y Citogenética del primer curso del CFGS de Técnico Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico

Resultados de aprendizaje (RA)	Criterios de evaluación (CE)	Instrumentos de evaluación
RA5	5.a)	Cuestionarios (Edpuzzle y Google Forms) y lista de cotejo
Atención a la diversidad		
La combinación de agrupación en parejas y equipos de cuatro favorece el apoyo entre iguales, aprovechando las distintas fortalezas del alumnado según su perfil de acceso y experiencia previa; el trabajo por pares, con un/a compañero/a actuando de apoyo lingüístico, es especialmente beneficioso para la alumna con dislexia al facilitar la comprensión de los textos y reducir la carga cognitiva durante los vídeos y cuestionarios. Por otra parte, los contenidos se secuencian desde la comprensión básica de la PCR (introducción y vídeos) hasta su aplicación al caso (ficha técnica), con tareas de distinto nivel, contemplando un plan de contingencia para el alumnado que no alcance los contenidos mínimos, sin interrumpir el avance de la resolución del caso. En el caso de la alumna con dislexia, además de la lectura acompañada en pareja, se adaptan los cuestionarios y la ficha técnica (mayor interlineado, palabras clave destacadas y tipografía OpenDyslexic), se facilita la comprensión de contenidos a través del apoyo visual de los vídeos, se le concede más tiempo para la realización de las actividades y se flexibiliza la respuesta, priorizando el contenido y permitiendo la participación oral.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 22 *Diseño de la tercera actividad de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.*

MÓDULO PROFESIONAL: Biología Molecular y Citogenética		
UT - ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense		
Título de la actividad	Sesiones	Lugar
Seleccionando la diana genética	3 y 4	Aula ordinaria y aula de informática
Tipología	Fase del ABP: aprendizaje. Tipo de actividades: desarrollo, investigación, análisis, síntesis y ampliación.	
Objetivos	Contenidos	
<u>Etapas:</u> a), d), g), k), <u>Generales:</u> l) <u>Didácticos:</u> OD1, OD2, OD3, OD7, OD8 y OD9	Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de ácidos nucleicos: - Técnicas de PCR y variantes: PCR multiplex, RT-PCR, PCR nested y PCR a tiempo real. - Aplicaciones diagnósticas y forenses a las técnicas de PCR.	
Metodología		
Clase magistral (introducción de la PCR multiplex y del diseño de cebadores), ABP (resolución progresiva del caso forense mediante técnicas de Biología Molecular y el diseño de cebadores), Aprendizaje Cooperativo (análisis de secuencias y diseño de cebadores en parejas y elaboración conjunta de un vídeo por equipo de investigación) y gamificación (obtención parcial de un código vinculado al avance en la resolución del caso).		
Competencias Profesionales, Personales y Sociales (CPPS)	Elementos transversales	
f), g) y m)	Competencia digital, trabajo cooperativo, espíritu crítico científico, comunicación científica, orientación profesional y ODS 3.	
Descripción de la actividad		
La primera sesión empieza con la devolución de los resultados de la actividad anterior, informando a aquellos equipos que no han alcanzado los contenidos mínimos, si los hubiera, de la realización de una actividad de refuerzo breve y guiada, para poder acceder al laboratorio de Biología Molecular e incorporarse a la sesión en igualdad de condiciones. A continuación, el docente retoma el caso planteado e introduce la necesidad de analizar simultáneamente distintas regiones de ADN que permitan diferenciar a los sospechosos, contextualizando el uso de la PCR multiplex y de los marcadores STR (<i>Short Tandem Repeats</i>) empleados en genética forense. El docente realiza una presentación de forma contextualizada los fundamentos de la PCR multiplex y los criterios básicos para el diseño de cebadores (longitud, contenido en GC, temperatura de alineamiento, especificidad, etc.), complementándola con una dinámica guiada de análisis de errores, en la que el alumnado compara ejemplos de cebadores correctos e incorrectos e identifica posibles fallos de diseño relacionados con la amplificación de regiones repetitivas mediante PCR multiplex. Posteriormente, en la segunda sesión, cada equipo de investigación recibe el código de dos de los marcadores CoDIS (<i>Combined DNA Index System</i>), ya que son un conjunto de loci STR utilizados como referencia internacional por organismos		

como el FBI en la identificación genética forense. A partir de ellos, el alumnado debe obtener su secuencia FASTA a través de GenBank (NCBI) e identificar tanto el bloque de repeticiones como las regiones flanqueantes, con el fin de diseñar y seleccionar los pares de cebadores mediante el uso de la herramienta Primer-BLAST (NCBI). Para todo ello, emplean una ficha de apoyo con los pasos a seguir. Finalmente, cada equipo elabora un breve vídeo mediante NotebookLM, incorporando la información necesaria para sintetizar el trabajo realizado, incluyendo la localización de cada marcador, los motivos repetidos, los criterios aplicados en el diseño, la justificación de la elección de esos pares de cebadores, los posibles errores detectados y la predicción del tamaño de los amplicones. Como ampliación, el alumnado que finalice antes o presente un mayor dominio, puede incorporar al vídeo información sobre empresas especializadas en la síntesis de cebadores, así como una estimación de su coste, aproximando aún más la actividad al contexto profesional real. En el marco de la gamificación de la unidad, la entrega del vídeo permitirá a cada equipo obtener la primera cifra de un código que será necesario en la fase final del caso.		
Agrupamientos	Recursos	Temporalización
Grupo clase (presentación inicial y dinámica de análisis de errores), parejas (análisis de secuencias y diseño de cebadores) y equipos de 4 alumnos (elaboración de vídeo final)	<u>Espaciales</u>: Aula ordinaria y aula de informática. <u>Personales</u>: docente y alumnado. <u>Materiales</u>: pizarra digital, actividad de refuerzo, ficha de apoyo para el diseño de cebadores. <u>Digitales</u>: presentación docente, software de presentaciones, códigos de marcadores CoDIS, Google Classroom, Genbank (NCBI), Primer-BLAST (NCBI), procesador de texto, NotebookLM y conexión a internet.	Dos sesiones de 55 minutos (min) cada una: Primera sesión: devolución de resultados y actividad de refuerzo (10 min), introducción contextualizada a la PCR multiplex y marcadores STR (15 min), presentación de criterios para el diseño de cebadores (15 min), dinámica guiada de análisis de errores de cebadores y PCR multiplex (15 min). Segunda sesión: presentación de la tarea y entrega de marcadores CoDIS (10 min), búsqueda de secuencias, identificación de regiones y diseño y selección de cebadores (25 min), elaboración del vídeo mediante NotebookLM (15 min), entrega de la actividad y obtención del primer número del código (5 min).
Resultados de aprendizaje (RA)	Criterios de evaluación (CE)	Instrumentos de evaluación
RA5	5.a)	Escala de valoración tipo Likert
Atención a la diversidad		
El trabajo cooperativo favorece el apoyo entre iguales mediante el reparto de tareas y la toma conjunta de decisiones durante el análisis de secuencias de STR y el diseño y selección de cebadores, permitiendo que cada integrante aporte sus fortalezas y habilidades. Los contenidos se secuencian desde la comprensión de la PCR multiplex y los criterios básicos de diseño hasta la aplicación práctica mediante herramientas bioinformáticas. Además, se incorpora una actividad de refuerzo inicial para el alumnado con mayores dificultades y se plantean tareas de ampliación para los discentes que presentan un mayor dominio de la actividad. En el caso de la alumna con dislexia, el trabajo entre pares y en equipo le facilita la comprensión de textos y, especialmente, de las secuencias empleadas. Asimismo, se aumenta el tamaño de fuente en el ordenador para facilitar su lectura. También se adapta la ficha de apoyo para el diseño de cebadores (aumento del interlineado, palabras en negrita y tipografía OpenDyslexic) y se flexibiliza la expresión de los aprendizajes mediante la elaboración del vídeo, favoreciendo así su participación activa en la actividad.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 23 *Diseño de la cuarta actividad de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.*

MÓDULO PROFESIONAL: Biología Molecular y Citogenética		
UT - ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense		
Título de la actividad	Sesiones	Lugar
<i>La evidencia se amplifica</i>	5 y 6	Aula de informática y laboratorio de Biología Molecular y Citogenética
Tipología	Fase del ABP: aprendizaje. Tipo de actividades: desarrollo, consolidación y práctica.	

Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de los ácidos nucleicos mediante la integración de la Gamificación en el Aprendizaje Basado en Problemas. Programación para el módulo de Biología Molecular y Citogenética del primer curso del CFGS de Técnico Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico

Objetivos		Contenidos
<u>Etapas:</u> a), d), f), g) y k) <u>Generales:</u> j) y l) <u>Didácticos:</u> OD1, OD2, OD4, OD5 y OD8.		Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de ácidos nucleicos: - Técnicas de PCR y variantes: PCR multiplex, RT-PCR, PCR nested y PCR a tiempo real. - Aplicaciones diagnósticas y forenses a las técnicas de PCR.
Metodología		
Clase magistral (repaso de las temperaturas, tiempos y fases de la PCR), ABP (resolución progresiva del caso forense mediante la simulación de una PCR multiplex), práctica de laboratorio (preparación de mezclas de reacción y programación del termociclador), Aprendizaje Cooperativo (realización conjunta de cálculos y programación del termociclador) y gamificación (obtención de una nueva cifra del código).		
Competencias Profesionales, Personales y Sociales (CPPS)		Elementos transversales
g), l) y m)		Competencia digital, trabajo cooperativo, pensamiento científico y resolución de problemas, responsabilidad y seguridad en el laboratorio, bioética y protección de datos genéticos, orientación profesional y ODS 3.
Descripción de la actividad		
La primera sesión comienza retomando la necesidad de amplificar las regiones STR seleccionadas mediante PCR para poder comparar los perfiles genéticos de las muestras recogidas en la escena del crimen y de los sospechosos. Tras haber diseñado <i>in silico</i> los cebadores, la secuencia didáctica se continúa con la preparación de la <i>master mix</i> y de las mezclas de reacción. Con este propósito, se emplea la herramienta Nearpod. En ella, en primer lugar, cada alumno visualiza un vídeo centrado en los reactivos necesarios para el desarrollo de la PCR, profundizando en su función, así como en los posibles errores asociados a su ausencia o uso incorrecto. En relación con ello, a continuación, cada uno de los estudiantes completa en la misma plataforma un cuestionario gamificado mediante la dinámica <i>Time to Climb</i>, en la que deben responder a preguntas relacionadas con el vídeo anterior, avanzando progresivamente en una competición de escalada virtual. Sucesivamente, el alumnado visualiza un segundo vídeo explicativo sobre el procedimiento de cálculo para la preparación de la <i>master mix</i> de una PCR. Dicho vídeo se concreta posteriormente en un ejercicio en el que cada uno de los equipos de investigación debe calcular los volúmenes necesarios para preparar una <i>master mix</i> en función del número de muestras y controles empleados. Una vez adquirido el conocimiento del cálculo, en una segunda sesión, cada alumno accede al laboratorio virtual Cibertorio, empleando para ello una guía de apoyo con los pasos necesarios, donde realiza el pedido simulado de los reactivos necesarios para el análisis forense mediante PCR multiplex, incluyendo los cebadores específicos para amplificación de los marcadores STR. Posteriormente, en ese mismo laboratorio, el estudiante prepara de forma virtual la mezcla de reacción a partir de unos cálculos ya proporcionados, ensayando así el procedimiento de pipeteo y considerando, entre otras cosas, las medidas de seguridad y prevención de contaminación propias de la técnica. Finalmente, el alumnado traslada el procedimiento al laboratorio de Biología Molecular, donde reproduce experimentalmente la preparación de muestras anteriormente ensayada, mediante el uso de un kit comercial, el cual simula una investigación genética forense similar a la planteada al principio de la unidad. Mediante este recurso, cada alumno prepara una mezcla de reacción, por tratarse de una competencia básica vinculada al trabajo en Biología Molecular, de manera que entre todos los integrantes del equipo se elaboran las mezclas correspondientes a la muestra de la escena del crimen y a cuatro sospechosos distintos, para la amplificación de uno de los marcadores STR estudiados (TH01). De esta manera, se adapta el procedimiento de PCR multiplex trabajado previamente al análisis de un único locus con fines prácticos y didácticos. Asimismo, pese a que dentro del kit los controles no se encuentren contemplados originalmente, los estudiantes preparan también la mezcla correspondiente a un control positivo (con una muestra del kit previamente validada por el docente) y a un control negativo, con el fin de reflexionar sobre la importancia de ambos en la validación y fiabilidad de los resultados experimentales. Para concluir, cada equipo de trabajo propone el programa del termociclador tras revisar conjuntamente las temperaturas, tiempos y fases de la PCR trabajadas anteriormente, así como las indicaciones del fabricante. Siguiendo con la dinámica de la gamificación de la unidad, aquellos equipos que logren determinar el programa del termociclador correctamente, obtienen la segunda cifra del código necesario para la resolución final del caso. En caso de error en la programación, el equipo dispone de un segundo intento, tras la revisión del proceso. Será el docente quien, bajo la observación de toda la clase, programe finalmente el termociclador y recoja y conserve los productos de la PCR cuando ésta finalice.		
Agrupamientos	Recursos	Temporalización
Grupo clase (repaso de temperaturas, tiempos y fases de la PCR), individual (vídeos y cuestionario Nearpod, simulación en Cibertorio y preparación de	<u>Espaciales:</u> aula de informática y laboratorio de Biología Molecular. <u>Personales:</u> docente y alumnado. <u>Materiales:</u> pizarra, tiza, guía del laboratorio virtual , EPIs (bata de laboratorio y guantes), kit comercial Crime Scene	Dos sesiones de 55 minutos (min) cada una: <u>Primera sesión:</u> introducción (5 min), vídeo sobre reactivos de PCR (13 min), cuestionario gamificado (10 min), vídeo sobre cálculos de la <i>master mix</i> (7 min)

Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de los ácidos nucleicos mediante la integración de la Gamificación en el Aprendizaje Basado en Problemas. Programación para el módulo de Biología Molecular y Citogenética del primer curso del CFGS de Técnico Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico

mezcla de reacción) y equipos de 4 alumnos (problema de master mix y programación del termociclador)	Investigator PCR Basics™ Kit de Bio-Rad, micropipetas p20 y p200, puntas con filtro, rotuladores permanentes, agua destilada, cubetas, hielo, tubos Eppendorf, centrífuga, gradillas, termociclador, papel, calculadora, bolígrafos y ordenadores. <u>Digitales:</u> Google Classroom, Nearpod , laboratorio virtual Cibertorio y conexión a internet.	y ejercicio de cálculo de la <i>master mix</i> (20 min). • <u>Segunda sesión:</u> Laboratorio virtual Cibertorio (15 min), traslado al laboratorio (5 min), preparación de mezclas de reacción (15 min), repaso de fases de PCR (5 min), programación de termociclador (10 min), obtención de segunda cifra del código y cierre (5 min).
Resultados de aprendizaje (RA)	Criterios de evaluación (CE)	Instrumentos de evaluación
RA5	5.c) y 5.e)	Cuestionario , prueba escrita , listas de cotejo 1 y 2 y escala de valoración tipo Likert
Atención a la diversidad		
La actividad combina recursos audiovisuales, simulaciones virtuales, resolución de ejercicios y manipulación experimental, favoreciendo distintos estilos y ritmos de aprendizaje. Asimismo, se alternan momentos de trabajo individual y cooperativo para favorecer tanto la autonomía como el apoyo entre iguales. Por otra parte, la secuenciación progresiva desde la comprensión de los componentes de la PCR hasta la preparación virtual de las mezclas de reacción permite que el alumnado consolide previamente los fundamentos necesarios antes de enfrentarse al procedimiento experimental en el laboratorio. Asimismo, los cálculos de la <i>master mix</i> se realizan inicialmente de forma guiada y posteriormente aplicada, favoreciendo la comprensión del protocolo antes del trabajo en el laboratorio. Además, la actividad proporciona una oportunidad a aquellos alumnos que muestran más dificultad en la programación del termociclador, con el fin de que alcancen el mismo nivel de desempeño que sus compañeros. En el caso de la alumna con dislexia, el empleo de videos explicativos y de simuladores, reduce la carga lectora y facilita la comprensión del procedimiento. Además, se adapta la guía del laboratorio virtual como en el resto de las actividades anteriores (mayor interlineado, palabras destacadas y tipografía OpenDyslexic) y el enfoque práctico de las tareas favorece su participación.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24 *Diseño de la quinta actividad de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.*

MÓDULO PROFESIONAL: Biología Molecular y Citogenética		
UT - ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense		
Título de la actividad	Sesiones	Lugar
La huella del ADN	7, 8 y 9	Aula ordinaria, aula de informática y laboratorio de Biología Molecular y Citogenética
Tipología	Fase del ABP: aprendizaje. Tipo de actividades: desarrollo, práctica, análisis y síntesis.	
Objetivos	Contenidos	
<u>Etapas:</u> a), d), f), g) y k). <u>Generales:</u> k) y l). <u>Didácticos:</u> OD1, OD2, OD3, OD4, OD5, OD6, OD7 y OD8.	Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de ácidos nucleicos: - Técnicas de electroforesis en gel. - Técnicas de visualización de fragmentos e interpretación de resultados. - Aplicaciones diagnósticas y forenses a las técnicas de PCR.	
Metodología		
Clase magistral (explicación de análisis de resultados mediante ImageJ y Microsoft Excel), práctica de laboratorio (preparación de geles, carga de muestras, desarrollo de electroforesis y análisis de ADN), ABP (aplicación de técnicas de Biología Molecular a un contexto simulado de identificación genética similar al caso forense planteado al comienzo de la unidad), Aprendizaje Cooperativo (preparación de geles de agarosa, trabajo por estaciones, carga de muestras, desarrollo de electroforesis y análisis de ADN), estaciones de aprendizaje (consolidación de contenidos teórico-prácticos relacionados con la electroforesis) y gamificación (obtención de una nueva cifra del código tras la entrega del análisis final)		

Competencias Profesionales, Personales y Sociales (CPPS)		Elementos transversales
f), g), l) y m)		Competencia digital, trabajo cooperativo, pensamiento científico y resolución de problemas, bioseguridad y prevención de riesgos en el laboratorio, gestión de residuos biológicos y químicos y ODS 3.
Descripción de la actividad		
La primera sesión comienza en el laboratorio de Biología Molecular con la preparación de los geles de agarosa que se utilizarán posteriormente para la electroforesis. Para ello, cada equipo sigue el Procedimiento Normalizado de Trabajo (PNT) suministrado por el docente, familiarizándose así con la documentación técnica habitual empleada en los laboratorios de Biología Molecular. Con el fin de optimizar el tiempo, el docente habrá preparado previamente el tampón TAE 1X a partir de la solución stock. Asimismo, se dispone de varios microondas para agilizar el proceso de fusión de la agarosa. Mientras la agarosa solidifica, el grupo-clase se desplaza al aula ordinaria, para trabajar por equipos en 4 de 6 estaciones de aprendizaje centradas en distintos contenidos relacionados con la electroforesis (Tabla 26, Anexo D). La rotación por estaciones se organiza de acuerdo con la disponibilidad de espacios y recursos, favoreciendo una dinámica similar a la distribución habitual del trabajo en un laboratorio. Al finalizar la sesión, el docente procede a conservar los geles de cara a la siguiente. La segunda sesión comienza también en el laboratorio, con el montaje de las cubetas de electroforesis y el desarrollo de la técnica. Para ello, cada equipo traslada los geles preparados el día anterior a las cubetas, añade el tampón TAE y prepara las muestras incorporando el colorante de carga. Posteriormente, cada equipo carga el gel con el marcador de pesos moleculares, muestras y controles y desarrolla la electroforesis siguiendo el PNT proporcionado por el docente, ya que es una práctica habitual dentro del trabajo de un técnico. Aunque en genética forense el análisis de productos de PCR basados en marcadores STR se realiza habitualmente mediante electroforesis capilar, en esta actividad se emplea una electroforesis convencional como adaptación didáctica para trabajar de forma accesible los fundamentos de la técnica y la interpretación de perfiles genéticos. Mientras se desarrolla la electroforesis, el grupo-clase se desplaza nuevamente al aula ordinaria para completar las 2 estaciones de aprendizaje restantes. Finalmente, mientras el alumnado permanece en el aula, la profesora detiene las electroforesis y pone a incubar los geles en presencia del colorante durante toda la noche, para su posterior visualización e interpretación. La tercera sesión empieza con la visualización de los geles obtenidos tras la tinción realizada por el docente. Cada equipo observa el resultado de su electroforesis y le realiza una fotografía al gel para su posterior análisis digital. A continuación, en el aula de informática, el docente explica el funcionamiento básico del software ImageJ aplicado al análisis de imágenes de electroforesis, abordando posteriormente la elaboración de la recta de calibrado y la estimación del tamaño de los amplicones en Microsoft Excel, así como la comparación entre la muestra problema y las correspondientes a los sospechosos. Para terminar, cada equipo analiza los resultados siguiendo el mismo proceso que el del profesor y elabora en un Padlet una síntesis estructurada incluyendo los resultados obtenidos, su discusión (incorporando posibles problemas detectados) y las conclusiones acerca de la correspondencia entre la muestra de la escena del crimen y los sospechosos analizados. Tras la entrega del Padlet, cada equipo recibe la tercera cifra del código, continuando así con la dinámica de gamificación planteada a lo largo de la unidad.		
Agrupamientos	Recursos	Temporalización
Grupo-clase (explicación del análisis de resultados de electroforesis con ImageJ y Microsoft Excel) y equipos de 4 alumnos (resto de tareas).	<u>Espaciales:</u> Aula ordinaria, aula de informática y laboratorio de Biología Molecular. <u>Personales:</u> docente y alumnado. <u>Materiales:</u> PNT preparación de gel, EPIs (bata de laboratorio y guantes), kit comercial Crime Scene Investigator PCR Basics™ de Bio-Rad, tampón TAE 50X, tampón de carga, colorante de tinción de ADN, agarosa, bandejas de gel, cinta adhesiva, peines, cubetas de electroforesis, fuentes de alimentación, micropipetas p20 y p200, puntas de pipeta, tubos Eppendorf, gradillas, microondas, rotuladores permanentes, fichas de estaciones de aprendizaje con sus correspondientes recursos (introducción a la electroforesis, tipos de electroforesis, secuenciación del procedimiento, función de los reactivos, problemas en la electroforesis y lista de comprobación de bioseguridad y gestión de residuos), recipientes de reactivos, ordenadores, pizarra digital o proyector y teléfonos móviles personales. <u>Digitales:</u> Google Classroom, ImageJ, Microsoft Excel, Padlet, vídeos divulgativos/técnicos sobre electroforesis y conexión a internet.	Tres sesiones de 55 minutos (min) cada una: Primera sesión: preparación de gel (25 min), traslado al aula ordinaria (5 min) y estaciones de aprendizaje (25 min). Segunda sesión: montaje de cubeta, carga de muestras y comienzo de electroforesis (35 min), traslado al aula ordinaria (5 min) y estaciones de aprendizaje (15 min). Tercera sesión: visualización y fotografiado de geles (10 min), explicación de análisis de resultados con ImageJ y Microsoft Excel (20 min) e interpretación y discusión de resultados en Padlet (25 min).

Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de los ácidos nucleicos mediante la integración de la Gamificación en el Aprendizaje Basado en Problemas. Programación para el módulo de Biología Molecular y Citogenética del primer curso del CFGS de Técnico Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico

Resultados de aprendizaje (RA)	Criterios de evaluación (CE)	Instrumentos de evaluación
RA5	5.f), 5.g) y 5.i)	Rúbrica
Atención a la diversidad		
La actividad incorpora múltiples formatos y vías de acceso a la información mediante explicaciones orales, PNT escritos, esquemas visuales, fotografías reales, vídeos divulgativos y tarjetas manipulativas, entre otros, facilitando la comprensión de los fundamentos de la técnica y del procedimiento experimental. El trabajo cooperativo y la organización en estaciones permiten diversificar las tareas y adaptarse a distintos ritmos de aprendizaje, combinando actividades manipulativas, orales, escritas y digitales en las que el alumnado puede demostrar lo aprendido mediante diferentes vías. Del mismo modo, se incorporan apoyos estructurales como la secuenciación explícita de pasos, modelos guiados y consulta de recursos digitales, favoreciendo la autonomía y correcta ejecución de las tareas técnicas. En el caso de la alumna con dislexia, se facilitan los PNT y fichas con tipografía accesible, tamaño de letra ampliado, palabras clave en negrita y separación suficiente entre apartados, evitando bloques de texto extensos. Asimismo, se ofrece a la alumna la posibilidad de recibir explicaciones orales de cualquiera de las actividades, incluidas las correspondientes a las estaciones de aprendizaje, con el fin de garantizar la comprensión de las tareas e instrucciones. Por otra parte, la presencia de apoyos visuales en las sesiones, como el esquema de la cubeta, las imágenes secuenciadas del procedimiento, las fotografías de geles y del laboratorio, así como las demostraciones prácticas y la propia ejecución experimental, facilitan la adquisición de conocimientos y destrezas técnicas. Además, se contempla una mayor flexibilidad temporal en las tareas de lectura y escritura y se favorece su participación en las actividades manipulativas, orales y de análisis visual dentro del trabajo cooperativo.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 25 *Diseño de la sexta actividad de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.*

MÓDULO PROFESIONAL: Biología Molecular y Citogenética		
UT - ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense		
Título de la actividad	Sesión	Lugar
Diagnóstico forense, ¡caso cerrado!	10	Aula de informática
Tipología	Fase del ABP: identificación y evaluación de lo aprendido y aplicación al problema. Tipo de actividades: desarrollo, consolidación y evaluación.	
Objetivos	Contenidos	
<u>Etapas:</u> a), d), f), g) y k) <u>Generales:</u> k) y l) <u>Didácticos:</u> OD1, OD3, OD6, OD7, OD8 y OD9.	Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de ácidos nucleicos: - Técnicas de visualización de fragmentos e interpretación de resultados. - Aplicaciones diagnósticas y forenses a las técnicas de PCR.	
Metodología		
ABP (resolución final del problema planteado mediante la elaboración de una memoria e informe técnico-pericial), Aprendizaje Cooperativo (organización de tareas según los roles asignados inicialmente para la elaboración conjunta de la memoria y del informe técnico-pericial) y gamificación (<i>breakout</i> digital: apertura del expediente del caso a través del código obtenido de manera progresiva durante la unidad; felicitación final).		
Competencias Profesionales, Personales y Sociales (CPPS)	Elementos transversales	
f), g), l) y m)	Competencia digital, trabajo cooperativo, pensamiento científico y resolución de problemas, comunicación científica, responsabilidad y ética profesional, bioseguridad y gestión de residuos, metacognición.	
Descripción de la actividad		
Siguiendo con el caso forense planteado como hilo conductor de la presente unidad de trabajo, la última actividad se plantea como el cierre de ésta y como una tarea integradora, destinada a consolidar los conocimientos, procedimientos y destrezas técnicas adquiridas por el alumnado a lo largo de las distintas actividades realizadas. Al inicio de la sesión, el docente explica al alumnado que deberá analizar las muestras recogidas en la escena del crimen de forma similar a como lo ha hecho previamente a lo largo de la unidad, actuando en calidad de Técnico de Laboratorio Clínico y Biomédico, con el fin de emitir, en última instancia, el informe técnico-pericial requerido por el juez. Para ello, y		

siguiendo con la dinámica de gamificación contextualizada, cada equipo utiliza el código de tres cifras que obtuvo progresivamente a lo largo de la unidad para abrir un archivo comprimido que contiene toda la documentación necesaria para la elaboración de una memoria, en cuyo apartado final debe incluir el correspondiente informe técnico-pericial. Entre los materiales suministrados se incluyen las instrucciones para la elaboración de la memoria (que serán explicadas previamente por el docente), una plantilla guiada del informe técnico-pericial, los códigos de los marcadores STR amplificados y los correspondientes a las muestras analizadas, con el fin de preservar el anonimato de los sospechosos y evitar sesgos en la interpretación. Cada equipo dispone también, de un registro de incidencias ocurridas durante la experimentación en el laboratorio, y dos resultados de electroforesis correspondientes al análisis realizado: un primer gel que presenta un problema técnico asociado y una repetición posterior correctamente desarrollada. Asimismo, se proporciona adicionalmente una rúbrica de evaluación de la actividad, con el fin de orientar al alumnado durante la elaboración de la memoria y el informe.

A partir de esta documentación, cada equipo debe elaborar de forma cooperativa una memoria estructurada siguiendo el modelo científico habitual (introducción, materiales y métodos, resultados, discusión y conclusiones). En la introducción, el alumnado debe contextualizar el caso y fundamentar la utilidad de las técnicas de PCR y electroforesis en genética forense. En el apartado de materiales y métodos, debe describir los reactivos, materiales y procedimientos empleados en base a su experiencia previa y a las técnicas desarrolladas durante la unidad, incluyendo el diseño de los cebadores que se han debido emplear a partir del código del marcador STR suministrado. En resultados, debe presentar e interpretar los geles de electroforesis, estimando el tamaño de los fragmentos obtenidos. En discusión, cada equipo debe analizar críticamente la validez de los resultados obtenidos, justificando las incidencias técnicas detectadas en el primer gel, comparando los perfiles genéticos obtenidos y valorando la posible correspondencia entre la muestra del crimen y los sospechosos analizados. Asimismo, deberá proponer medidas correctoras en base a las incidencias registradas durante el procedimiento experimental. Finalmente, en conclusiones, los estudiantes deben sintetizar de forma fundamentada la resolución final del caso, es decir, determinar la presunta autoría del crimen. Toda la información recogida a lo largo de la memoria deberá sintetizarse posteriormente, de manera adaptada y resumida, en el informe técnico-pericial dirigido a la autoridad judicial.

Aunque en genética forense el análisis de perfiles genéticos suele realizarse mediante PCR y electroforesis capilar automatizada, en esta actividad se mantiene la adaptación didáctica trabajada previamente durante la unidad, basada en la amplificación de un único marcador STR por grupo y su análisis mediante electroforesis convencional en gel de agarosa, con el fin de facilitar la comprensión e interpretación de los fundamentos del análisis genético forense. No obstante, el alumnado puede investigar cómo se desarrolla este mismo procedimiento mediante PCR multiplex y electroforesis capilar automatizada en un contexto profesional real, realizando para ello, de manera voluntaria, una actividad de ampliación que se anexe a la memoria, que puede consistir en la elaboración de una infografía con Canva.

Durante la sesión, dentro de cada equipo, el alumnado se reparte las tareas de acuerdo con el rol que desempeña y comienza la elaboración de la memoria de forma cooperativa, debiendo finalizarla fuera del aula para su posterior entrega al docente.

Como cierre de la dinámica de gamificación de la unidad, el equipo cuyo informe presente una interpretación más rigurosa y fundamentada recibirá posteriormente una comunicación ficticia de felicitación por parte de la administración judicial, al confirmarse que los resultados aportados coincidían con la resolución definitiva del caso tras declararse el sospechoso propuesto como el autor del crimen.

Asimismo, en la última parte de la sesión, cada estudiante completa, a través de un cuestionario de Google Forms, una autoevaluación individual, una coevaluación del trabajo en equipo y una valoración de la unidad de trabajo, con el objetivo de favorecer la metacognición y la mejora continua tanto de la propia unidad como del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Agrupamientos	Recursos	Temporalización
Grupo-clase (explicación inicial y del desarrollo de la memoria, así como resolución de dudas), equipos de 4 alumnos (análisis del caso, interpretación de resultados y elaboración de la memoria y del informe técnico-pericial) e individual (autoevaluación, coevaluación y valoración de la unidad de trabajo final).	<u>Espaciales:</u> Aula de informática. <u>Personales:</u> docente y alumnado. <u>Materiales:</u> instrucciones de elaboración de la memoria, plantilla guiada del informe técnico-pericial, código del marcador STR y de muestras, resultados de dos geles de electroforesis, registro de incidencias de laboratorio, rúbrica de evaluación, ordenadores, pizarra electrónica o proyector. <u>Digitales:</u> WinZip, Google Classroom, Google Forms, ImageJ, Microsoft Excel, Microsoft Word, Canva y conexión a internet.	Una sesión de 55 minutos (min): • Introducción de la actividad, explicación del desarrollo de la memoria y apertura del expediente digital del caso (20 min). • Trabajo en equipo: análisis de la documentación suministrada y comienzo de la elaboración de la memoria y del informe (15 min). • Autoevaluación, coevaluación y valoración final de la unidad de trabajo (15 min).
Resultados de aprendizaje (RA)	Criterios de evaluación (CE)	Instrumentos de evaluación
RA5	5.a) y 5.i)	Rúbrica

Atención a la diversidad
La actividad incorpora el trabajo cooperativo en grupos heterogéneos y con roles definidos para favorecer el apoyo entre iguales y la participación activa de todo el alumnado. En el caso de la alumna con dislexia, se facilita una guía para la elaboración de la memoria con apartados claramente diferenciados, instrucciones secuenciadas, palabras clave destacadas y tipografía OpenDyslexic. Asimismo, se flexibiliza la producción escrita, priorizando el contenido y su calidad científico-técnica frente a aspectos de formato y ortográficos. Además, se permite el uso de herramientas digitales de apoyo a la lectura y escritura (correctores ortográficos, lectores de texto, dictado por voz, ampliación de texto...). Por otra parte, la rúbrica de evaluación se proporciona previamente y se explica de forma detallada, favoreciendo la comprensión de los criterios de evaluación y que los estudiantes puedan autorregular su trabajo. Por último, la posibilidad de realizar voluntariamente una actividad adicional de ampliación mediante Canva permite a atender a aquellos estudiantes que presentan un ritmo de aprendizaje superior.

Fuente: elaboración propia.

2.11. Evaluación de la Programación didáctica

Pese a la importancia que tiene la evaluación del alumnado según lo recogido en el apartado 2.9. Evaluación, también resulta necesario hacer referencia a la **evaluación de la propia programación didáctica** y, con ello, de la práctica docente. Con tal fin, en la [Tabla 27](#) se ha elaborado una **matriz DAFO** en la que se recogen las principales debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades.

Tabla 27 Matriz DAFO de evaluación de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.

DEBILIDADES	AMENAZAS
1. Elevada carga de planificación y organización docente. 2. Necesidad de una adecuación temporal para completar todas las actividades. 3. Dependencia de recursos y materiales específicos de laboratorio, así como de la disponibilidad de éste. 4. Complejidad en la coordinación y evaluación del trabajo cooperativo.	1. Resistencia inicial del alumnado a metodologías menos tradicionales. 2. Participación desigual del alumnado en el trabajo cooperativo. 3. Falta de motivación del alumnado o de adaptación de la alumna NEAE. 4. Falta o deterioro de determinados recursos materiales o tecnológicos. 5. Limitación presupuestaria para determinadas prácticas de laboratorio. 6. Falta de tiempo a causa de otras actividades académicas.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
1. Empleo de metodologías activas. 2. Contextualización en el ámbito clínico y biomédico. 3. Diseño según DUA, con múltiples formas de implicación, representación y expresión. 4. Integración clara con las competencias, resultados de aprendizaje y criterios de evaluación de la normativa vigente. 5. Evaluación completa (inicial, formativa y sumativa), con diversos instrumentos y hetero, auto y coevaluación. 6. Empleo de distintos espacios y recursos. 7. Equilibrio teórico-práctico. 8. Carácter interdisciplinar. 9. Trabajo bajo normas de bioseguridad y prevención de riesgos.	1. Inserción laboral. 2. Posibilidad de implementar la estructura metodológica en otras unidades de trabajo o módulos del ciclo. 3. Evolución hacia propuestas interdisciplinares basadas en proyectos. 4. Institucionalización de la propuesta. 5. Incorporación progresiva de recursos emergentes. 6. Colaboración con agentes externos.

Fuente: elaboración propia.

A tenor de lo expuesto en dicha tabla, en líneas generales puede hacerse una **valoración positiva de la presente programación didáctica**, especialmente por su carácter activo y contextualizado, su coherencia curricular y su orientación hacia el desarrollo de competencias profesionales vinculadas con el ámbito sanitario.

No obstante, el análisis realizado también pone de manifiesto la **existencia de determinadas debilidades y amenazas** relacionadas principalmente con aspectos organizativos, temporales y materiales que podrían condicionar su futura implementación. Por ello, y con el fin de favorecer una aplicación más eficaz de la propuesta, resulta conveniente complementar el análisis DAFO con una **matriz CAME**, orientada a corregir las debilidades detectadas, afrontar las amenazas, mantener las fortalezas y explotar las oportunidades. Dicho análisis DAFO se concreta en la [Tabla 28](#).

Tabla 28 *Matriz CAME de la unidad de trabajo “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”.*

CORREGIR	AFRONTAR
1. Sistematizar y reutilizar materiales (secuencias de aprendizaje, instrumentos de evaluación...). Reducir el número de estaciones. 2. Priorizar actividades esenciales y contemplar márgenes de tiempo de cara a incidentes o ritmos de trabajo reducidos. 3. Diseñar actividades alternativas como segunda opción o adaptar las existentes. 4. Implementar la evaluación por pares e incrementar de forma equilibrada el número de actividades individuales.	1. Explicar de forma clara la finalidad y funcionamiento de las metodologías activas empleadas, acompañando progresivamente al alumnado durante las primeras actividades para facilitar su adaptación. 2. Establecer roles definidos de acuerdo con las destrezas de cada estudiante, plantear tareas interdependientes, así como mecanismos de seguimiento individual que favorezcan una participación más equilibrada dentro de los grupos. 3. Incorporar refuerzos positivos e incrementar los apoyos específicos para la alumna NEAE. Acudir en caso de necesidad al orientador para recibir consejos acerca de pautas a aplicar. 4. Concienciar al alumnado acerca del cuidado de los materiales, prever recursos de sustitución y diseñar actividades alternativas para implementarlas en caso de necesidad. 5. Priorizar las actividades prácticas esenciales y el uso de materiales, reactivos y recursos disponibles en el centro. Gestionar una posible subida del presupuesto a través del jefe del departamento. 6. Flexibilizar la temporalización y establecer las actividades prioritarias para garantizar el desarrollo de aquellas que son fundamentales para la unidad.

MANTENER	EXPLOTAR
1. Continuar contextualizando el problema y registrar evidencias con el propósito de incorporar mejoras en futuras implementaciones. 2. Mantenerse actualizado en relación con los avances científicos y profesionales del ámbito biosanitario para seguir recreando escenarios similares a realidad. 3. Seguir incorporando vías variadas de acceso y expresión de la información y documentar aquellas adaptaciones que fueron más eficaces. 4. Preservar la coherencia curricular ente los distintos elementos de la programación para garantizar su adecuación al marco normativo del ciclo formativo. 5. Consolidar el ciclo completo de evaluación (diagnóstica-formativa-sumativa), mejorando y adaptando cada año los instrumentos de evaluación en base a las necesidades del alumnado. 6. Establecer un mantenimiento de las instalaciones y de los recursos didácticos y digitales, con el fin de poder seguir haciendo uso de ellos. 7. Seguir combinando contenidos conceptuales con actividades prácticas y experimentales que faciliten la comprensión y aplicación de los aprendizajes. 8. Mantener relación con otros docentes de otras disciplinas para continuar dándole transversalidad a las actividades de la unidad. 9. Continuar promoviendo hábitos de trabajo seguros y responsables mediante la aplicación de normas de bioseguridad propias del entorno de laboratorio y el suministro de EPIs.	1. Continuar orientando las actividades hacia el desarrollo de competencias técnicas, científicas y profesionales demandadas en laboratorios clínicos, biomédicos y de diagnóstico molecular. Recibir asesoramiento de técnicos del sector para ajustar los contenidos y prácticas a las demandas laborales actuales. 2. Adaptar las dinámicas metodológicas y la estructura de la propuesta a otros contenidos y módulos relacionados con el ámbito biosanitario. 3. Presentar la propuesta al equipo docente con el fin de favorecer la coordinación con otros departamentos y diseñar actividades complementarias de carácter interdisciplinar. 4. Proponer la actividad en el claustro para incluirla en la Programación General Anual (PGA). 5. Actualización docente a través de formación. 6. Posibilidad de implementar la estructura metodológica en otras unidades de trabajo o módulos del ciclo. 7. Establecer comunicación con profesionales, laboratorios o instituciones del ámbito sanitario, para ofrecerles colaboración; por ejemplo, acudir a dar una charla y supervisar los informes técnicos. Esto puede incrementar la motivación y dar validez científica adicional.

Fuente: elaboración propia.

Por último, es importante mencionar que, para cerrar la evaluación de la programación didáctica, tal y como se advirtió en la última actividad de la unidad, **el alumnado realiza una valoración final** de la misma al responder a unas preguntas a través de un [cuestionario](#). De esta manera, se recoge información que también es relevante de cara a realizar mejoras en futuras implementaciones.

3. Conclusiones

El presente Trabajo de Fin de Máster ha permitido desarrollar una **propuesta didáctica** dirigida al módulo profesional de **Biología Molecular y Citogenética** del CFGS en Laboratorio Clínico y Biomédico, centrada en la enseñanza de las técnicas de **PCR y electroforesis de ácidos nucleicos** mediante la integración de la **gamificación** en el **Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)**. Su elaboración ha surgido tras reflexionar acerca de la necesidad de aproximar la enseñanza de **contenidos complejos y abstractos** de la Biología Molecular a contextos más **activos, contextualizados y próximos a la realidad profesional** del alumnado de Formación Profesional.

En relación con el **objetivo general planteado**, consistente en diseñar una unidad de trabajo integrada en el módulo de Biología Molecular y Citogenética para enseñar la aplicación de las técnicas de PCR y electroforesis mediante ABP y gamificación, puede afirmarse que éste **se ha alcanzado mediante el desarrollo de la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis en un caso forense”**. La propuesta conlleva una secuencia de actividades que parten de una investigación forense simulada, en la que el alumnado debe aplicar procedimientos propios de la Biología Molecular en un entorno cercano al ámbito laboral. De este modo, el aprendizaje deja de centrarse exclusivamente en la adquisición memorística de contenidos y pasa a orientarse hacia la **resolución de problemas**, siendo necesario la **interpretación crítica** de resultados experimentales y la **toma de decisiones fundamentadas**, acorde con el **pensamiento científico**.

Para poder alcanzar el anterior objetivo general, ha sido necesario ir cumpliendo otros objetivos específicos. El primero de ellos, estaba orientado a investigar y analizar las estrategias de gamificación que se podían integrar con el ABP. Tras la búsqueda bibliográfica pertinente, se pudo evidenciar la **complementariedad existente entre ambas metodologías** y se apostó por la dinámica del **breakout**, para **integrarla dentro de la resolución de un problema forense** consistente en determinar la correspondencia entre una muestra biológica encontrada en la escena de un crimen y la de alguno de los sospechosos. Para ello, el alumnado debía ir resolviendo progresivamente distintos retos y actividades relacionados con la PCR y la electroforesis, obteniendo diferentes cifras de un **código que era necesario para**

acceder a la resolución final del caso. Así pues, puede afirmarse que dicho objetivo **se ha visto satisfecho**, al producirse dicha integración de manera coherente y funcional dentro del ABP.

Respecto al segundo objetivo, relacionado con el **diseño de actividades** para resolver cooperativamente el problema mediante las técnicas de PCR y electroforesis, cabe mencionar que ha constituido **uno de los puntos más importantes de la programación**. Esto es así ya que, en base a dicha secuencia de actividades, se desarrollaron el resto de los elementos de la programación. Concretamente, se establecieron seis actividades a realizar a lo largo de diez sesiones, que siguieron el **orden lógico marcado por las fases del ABP**, es decir, en la primera sesión se planteó el problema y los estudiantes elaboraron una hipótesis explicativa, haciendo ver aquellos conocimientos que debían adquirir (PCR y electroforesis), para aprenderlos posteriormente durante las sesiones intermedias y aplicarlos finalmente en la resolución del caso forense inicialmente planteado. Asimismo, las actividades se configuraron en **orden cognitivo creciente** tanto a nivel global como interno. De este modo, la identificación de ideas previas favoreció los procesos relacionados con recordar; la introducción de conceptos teóricos previos el comprender y las prácticas de laboratorio el ejecutar. Por su parte, durante las sesiones finales, el análisis de resultados, la resolución del caso y la elaboración del informe permitió el desarrollo de habilidades relacionadas con analizar, evaluar y crear, respectivamente. Todo ello hizo posible que el alumnado fuera **adquiriendo de manera progresiva los aprendizajes más complejos y abstractos** que requerían ambas técnicas y, además, el razonamiento científico, la autonomía y la capacidad de aplicar dichos contenidos en un contexto similar al profesional. Por otra parte, el **trabajo cooperativo** estuvo presente a lo largo de toda la secuencia didáctica mediante la organización del alumnado en equipos de investigación con roles definidos, favoreciendo la toma conjunta de decisiones, el intercambio de ideas, el apoyo entre iguales y la construcción compartida del conocimiento. Por lo tanto, en base a todo a la anterior, también puede considerarse que **este objetivo fue alcanzado**.

El tercer objetivo se centró en integrar estrategias basadas en el **Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA)**. En este caso, su consecución fue posible al incorporar **diversas formas de implicación, representación, acción y expresión**, a través de la aplicación de metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el Aprendizaje Cooperativo y la

gamificación, que invitaron al alumnado a participar activamente, así como mediante la diversificación de vías de acceso y de demostración del aprendizaje (visual, oral, digital, a través de manipulación, experimentación, etc.). Además, se contemplaron **medidas específicas dirigidas a atender a una alumna disléxica con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE)**, mediante adaptaciones metodológicas relacionadas con la flexibilidad temporal, la división y secuenciación de tareas o el empleo de materiales con mayor interlineado, palabras clave, apoyos visuales y tipografías accesibles. Asimismo, se potenció el uso de recursos audiovisuales, las demostraciones guiadas y el uso de herramientas digitales de apoyo a la lectoescritura, al tiempo que se favoreció el apoyo entre iguales y la asignación de un/a compañero/a de apoyo lingüístico mediante el trabajo cooperativo. Todo ello permitió configurar **una propuesta más flexible, accesible e inclusiva, ajustada a la diversidad presente en el aula.**

Finalmente, en relación con el cuarto objetivo, consistente en crear **instrumentos de evaluación** destinados a valorar el aprendizaje del alumnado, así como a favorecer la mejora de la propia programación y práctica docente, el trabajo ha permitido diseñar un sistema amplio y coherente con el enfoque competencial de la propuesta. La utilización de **rúbricas, listas de cotejo, escalas de valoración, cuestionarios y actividades de auto y coevaluación**, ha favorecido no sólo la **evaluación inicial y final**, sino también **la continua y formativa**, orientada a calificar los resultados, pero también a acompañar durante el proceso del aprendizaje y a promover la reflexión sobre su propio desempeño. Por otra parte, la **evaluación de la propia programación** se abordó mediante la elaboración de una **matriz DAFO y su correspondiente matriz CAME**, permitiendo identificar debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades relacionadas con su implementación y el establecimiento de posibles estrategias de mejora. Asimismo, se incorporó la **valoración final de la unidad por parte del alumnado** mediante un cuestionario favoreciendo con ella también, la reflexión docente, además de la mejora continua. Así pues, con este objetivo puede considerarse que, tanto el objetivo general como los distintos objetivos específicos planteados al inicio del trabajo, **han sido logrados satisfactoriamente mediante el desarrollo de la presente programación.**

Del mismo modo, conviene destacar al **carácter innovador** de esta programación didáctica, entendiendo la innovación educativa como el desarrollo de planes de enseñanza activos,

alejados de metodologías rutinarias y adaptados al contexto real del alumnado. En este sentido, la principal aportación de la programación ha residido en la integración coordinada del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), la gamificación, el Aprendizaje Cooperativo y la aplicación de los principios del DUA dentro de un contexto profesional simulado de Biología Molecular. Tanto la aplicación de estas metodologías activas, junto con la evaluación formativa y el uso significativo de herramientas propias del ámbito científico actual, han aproximado al alumnado a dinámicas y tecnologías presentes en los laboratorios clínicos y biomédicos contemporáneos. Así pues, se puede decir que esta propuesta favorece una enseñanza más **activa, inclusiva, significativa y competencial**, vinculada a situaciones similares a las de un entorno laboral real.

Por último, es necesario mencionar que la realización del presente trabajo ha permitido comprender **la importancia de una programación didáctica**, no solo como un requisito vinculado a la administración educativa, sino también como una herramienta fundamental para la planificación, organización y reflexión sobre la propia práctica docente. Su diseño ha puesto de manifiesto la necesidad de tomar decisiones pedagógicas fundamentadas y coherentes en relación con la metodología, la atención a la diversidad, la evaluación y la contextualización de los aprendizajes, evidenciando el valor de la programación como **elemento clave para construir procesos de enseñanza-aprendizaje más conscientes, estructurados y adaptados a las necesidades reales del alumnado**.

En conclusión, esta programación pone de manifiesto que la enseñanza de la Biología Molecular en Formación Profesional puede trascender cuando la mera transmisión de procedimientos técnicos se **contextualiza y se conecta con problemas cercanos a la realidad profesional**, situando al alumnado como **protagonista activo de su propio proceso formativo**. Diseñar experiencias educativas capaces de despertar la curiosidad científica, fomentar el pensamiento crítico y aproximar el aula al entorno laboral constituye, más que un reto metodológico, una **oportunidad para construir una enseñanza más significativa, motivadora y coherente**, no solo con las necesidades actuales del ámbito sanitario sino, en definitiva, con los **desafíos de la sociedad actual**.

4. Limitaciones y prospectiva

El desarrollo del presente Trabajo de Fin de Máster ha supuesto un **proceso de reflexión y profundización tanto a nivel didáctico como disciplinar**. No obstante, durante su elaboración también han surgido diversas **limitaciones**.

Una de las principales dificultades encontradas ha sido la **escasez de bibliografía reciente** centrada específicamente en técnicas de Biología Molecular, como la PCR y la electroforesis, dentro del ámbito de la Formación Profesional. Aunque existe abundante literatura relacionada con metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Problemas o la gamificación, gran parte de las investigaciones encontradas no son actuales y se orientan hacia **contextos universitarios u otras etapas educativas**, especialmente dentro de estudios de Medicina y de otras disciplinas de Ciencias de la Salud. Esto ha hecho necesario realizar **un importante ejercicio de adaptación didáctica** para trasladar dichas propuestas al contexto concreto del Ciclo Formativo de Grado Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico.

Asimismo, otra de las limitaciones encontradas ha sido la **dificultad de equilibrar la profundidad científica de los contenidos con el nivel competencial y curricular propio del módulo profesional** y, más cuando el perfil de acceso del alumnado es muy variado. La Biología Molecular presenta un elevado grado de abstracción y complejidad conceptual, lo que ha requerido seleccionar cuidadosamente los contenidos, recursos y actividades con el fin de **hacerlos accesibles para el alumnado sin perder el rigor científico necesario**.

Por otra parte, la elaboración de una propuesta metodológica basada en ABP y gamificación ha supuesto también un **reto a nivel de diseño y secuenciación de actividades**. La necesidad de integrar contenidos teóricos, prácticas de laboratorio, trabajo cooperativo y una narrativa gamificada de una forma coherente ha requerido una **planificación especialmente detallada** para garantizar la conexión con todos los elementos curriculares y metodológicos de la unidad.

En cuanto a la prospectiva, este trabajo abre diferentes líneas de desarrollo. En primer lugar, resultaría de gran interés llevar a cabo una **implementación real de la unidad didáctica en el aula**, con el fin de analizar su impacto sobre la motivación, el aprendizaje y el desarrollo competencial del alumnado. Del mismo modo, permitiría valorar de manera más precisa la

adecuación de la temporalización, las actividades planteadas y los instrumentos de evaluación diseñados.

Asimismo, como futura línea de trabajo, se plantea **la ampliación de esta propuesta** hasta convertirla en una programación anual completa del módulo de Biología Molecular y Citogenética, incorporando nuevas unidades de trabajo relacionadas con otras técnicas de análisis molecular y citogenético. En esta línea, también podría resultar interesante **integrar de forma más amplia recursos tecnológicos emergentes**, como simuladores o herramientas de realidad aumentada aplicadas a la enseñanza de la Biología Molecular, debido a la importancia que adquiere en nuestros días la competencia digital.

Por último, conviene mencionar que, la experiencia adquirida durante el diseño de esta programación didáctica puede servir como **punto de partida de futuras investigaciones de propuestas de innovación educativa** relacionadas con la enseñanza de la Biología Molecular y otras disciplinas científico-técnicas de Formación Profesional.

Referencias bibliográficas

- Alarcón, E. y Reguero, M. J. (2018). La triple función del docente en situaciones de aprendizaje cooperativo. *ENSAYOS, Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 33(2), 31-43. <http://www.revista.uclm.es/index.php/ensayos>
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo* (J. L. Pinillos, Trad.; 2.ª ed.). Trillas.
- Bahar, M., Johnstone, A. & Hansell, M. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33(2), 84–86. <https://doi.org/10.1080/00219266.1999.9655648>
- Barata, G., Gama, S., Jorge, J., & Gonçalves, D. (2017). Studying student differentiation in gamified education: A long-term study. *Computers in Human Behavior*, 71, 550–585. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.049>
- Barrows, H. S. (1986). El aprendizaje basado en problemas en la medicina y más allá: una breve descripción. *New Directions for Teaching and Learning*, 68, 3-11. <https://doi.org/10.3102/00346543075001027>
- Bigler, A. M. & Hanegan, N. L. (2011). Student content knowledge increases after participation in a hands-on biotechnology intervention. *Journal of Science Education and Technology*, 20(3), 246–257. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9250-7>
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. David McKay Company.
- Branda, L. A. (2009). El aprendizaje basado en problemas. De herejía artificial a res popularis. *Educación Médica*, 12(1), 11-23. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S157518132009000100004&lng=es&tlng=es
- Brown, H. & Ciuffetelli, D. C. (2009). *Foundational methods: Understanding teaching and learning*. Pearson Education.
- Cantador Gutiérrez, I. (2016). La competición como mecánica de gamificación en el aula: Una experiencia aplicando aprendizaje basado en problemas y aprendizaje cooperativo. En

R. S. Contreras-Espinosa y J. L. Eguia Gómez (Coords.), *Gamificación en aulas universitarias* (pp. 67-95). Institut de la Comunicació, Universitat Autònoma de Barcelona.

Chiu, M. M. (2008). Flowing toward correct contributions during groups mathematics problem solving: A statistical discourse analysis. *Journal of the Learning Sciences*, 17(3), 415–463.
<https://doi.org/10.1080/10508400802224830>

Consejería de Educación, Ciencia y Universidades de la Comunidad de Madrid. (2025). *Calendario escolar 2025-2026*. EducaMadrid.
<https://www.educa2.madrid.org/web/calendario-escolar-de-la-comunidad-de-madrid/calendario-escolar-25-26>

Decreto 103/2024, de 13 de noviembre, del Consejo de Gobierno, por el que se modifican setenta y seis Decretos por los que se establecen para la Comunidad de Madrid planes de estudios de ciclos formativos de grado superior. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, núm. 273, de 15 de noviembre de 2015, 61-150. <https://www.bocm.es/eli/es-md/d/2024/11/13/103>

Decreto 179/2015, de 29 de julio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el Plan de Estudios del Ciclo Formativo de Grado Superior correspondiente al título de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, núm. 182, de 3 de agosto de 2015, 119-146.
<https://www.bocm.es/eli/es-md/d/2015/07/29/179/con>

Decreto 21/2025, de 21 de mayo, del Consejo de Gobierno de la Comunidad de Madrid, por el que se regula la ordenación y organización del Sistema de Formación Profesional de la Comunidad de Madrid. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, núm. 121, de 22 de mayo de 2025, 11-52.
<https://www.bocm.es/boletin/CM Orden BOCM/2025/05/22/BOCM-20250522-1.PDF>

Decreto 23/2023, de 22 de marzo, del Consejo de Gobierno, por el que se regula la atención educativa a las diferencias individuales del alumnado en la Comunidad de Madrid. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, núm. 71, de 23 de marzo de 2025, 10-39.
<https://www.bocm.es/eli/es-md/d/2023/03/22/23/con>

- Ding, L. (2019). Applying gamifications to asynchronous online discussions: A mixed methods study. *Computers in Human Behavior, 91*, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.09.022>
- Ding, L. (2019). Applying gamifications to asynchronous online discussions: A mixed methods study.
- Domínguez, A., Saenz-de-Navarrete, J., De-Marcos, L., Fernández-Sanz, L., Pagés, C. & Martínez-Herráiz, J. J. (2013). Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Computers & Education, 63*, 380–392.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.020>
- Egido, I., Aranda, R., Cerrillo, R., De la Herrán, A., De Miguel, S., Gómez, M., Hernández, R., Izuzquiza, D., Murillo, F. J. y Pérez, M. (2006). Estrategia metodológica y organizativa del currículum para la calidad de la enseñanza en los estudios de Magisterio. Aprendizaje basado en problemas (ABP). *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 20*(3), 137–149. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27411311007>
- Feng, X., Cheng, L., Chen, J. & Zeng, Y. (2023). Application of DNA molecular model printed by 3D printing technology in biology class of senior high school. En Z. Zhan, B. Zou, & W. Yeoh (Eds.), *Proceedings of the 2022 3rd International Conference on Big Data and Informatization Education (ICBDIE 2022)* (pp.13–22). Atlantis Press.
https://doi.org/10.2991/978-94-6463-034-3_3
- Genotipia. (s. f.). PCR: qué es y qué aplicaciones tiene. <https://genotipia.com/pcr/>
- Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, P. & Segers, M. (2005). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 75*(1), 27–61.
<https://doi.org/10.3102/00346543075001027>
- Haberbosch, M., Deiters, M. & Schaal, S. (2025a). Combining virtual and hands-on lab work in a blended learning approach on molecular biology methods and lab safety for lower secondary education students. *Education Sciences, 15*(2), 123.
<https://doi.org/10.3390/educsci15020123>

- Haberbosch, M., Vick, P. & Schaal, S. (2025b). Enhancing molecular biology content knowledge and teaching self-efficacy: Challenges and implications for teacher education. *Education Sciences*, 15(5), 632. <https://doi.org/10.3390/educsci15050632>
- Handikaningtyas, T., Kenya, P. B. M., Ramadhan, A., Fajarianto, O. & Nurlia, T. (2024). Implementation of problem based learning with gamification approach. *IJESS International Journal of Education and Social Science*, 5(2), 327-334. <https://doi.org/10.56371/ijess.v5i2.364>
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. (2004). *El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica*. Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo; Vicerrectoría Académica. https://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abp/abp.pdf
- Julca-Asto, M. J. M. y Duran-Jaro, K. L. (2022). El método Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el proceso enseñanza-aprendizaje. *Polo Conocimiento*, 7(6), 2310-2321.
- Lavoué, E., Monerrat, B., Desmarais, M., & George, S. (2019). Adaptive gamification for learning environments. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(1), 16-28. <https://doi.org/10.1109/TLT.2018.2823710>
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 106, de 4 de mayo de 2006, 17158-17207. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2>
- Ley Orgánica 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, de 30 de diciembre de 2020, 122868-122953. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- Ley Orgánica 3/2022, de 31 de marzo, de ordenación e integración de la Formación Profesional. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 78, de 1 de abril de 2022. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2022/03/31/3/con>
- Malvido, A. (30 de enero de 2026). *La gamificación como estrategia educativa*. Cursos Femxa. <https://www.cursosfemxa.es/blog/gamificacion-estrategia-educativa>
- Marisa, F., Akhriza, T. M., Maukar, A. L., Wardhani, A. R., Iriananda, S. W. & Andarwati, M. (2020). Gamifikasi (gamification): Konsep dan penerapan. *JOINTECS (Journal of*

Information Technology and Computer Science), 5(3), 219.

<https://doi.org/10.31328/jointecs.v5i3.1490>

Martínez, C., Salmerón, D., Morales-Delgado, N. y Alonso, A. (2020). El aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica en el diseño de prácticas de Laboratorio Clínico y Biomédico. *Revista Española de Educación Médica*, 1(2), 105-121.

<https://doi.org/10.6018/edumed.455021>

Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes. (2025a). *Datos y cifras. Curso escolar 2025–2026*. <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/dam/jcr:0196cbcf-a272-4147-af4c-c4295ba71a4e/datos-y-cifras-2025-2026-espanol.pdf>

Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes. (2025b, 26 de noviembre). *La inserción laboral de los titulados de Formación Profesional sigue creciendo en España*.

<https://www.educacionfpydeportes.gob.es/prensa/actualidad/2025/11/20251126-insercionlaboralfp.html>

Morales-Bueno, P. y Landa-Fitzgerald, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13, 145–157.

Negre, C. (26 de julio de 2017). “BreakoutEdu”, microgamificación y aprendizaje significativo. Educaweb.

<https://www.educaweb.com/noticia/2017/07/26/breakoutedu-microgamificacion-aprendizaje-significativo-15068/>

Offerdahl, E. G., Arneson, J. B. & Byrne, N. (2017). Lighten the load: Scaffolding visual literacy in biochemistry and molecular biology. *CBE—Life Sciences Education*, 16(1), 1–11.

<https://doi.org/10.1187/cbe.16-06-0193>

Orden 3536/2025, de 12 de agosto, de la Consejería de Educación, Ciencia y Universidades, por la que se aprueba el catálogo de módulos profesionales de la parte de optatividad en los ciclos formativos de grado medio y grado superior de formación profesional en la Comunidad de Madrid y se establece el procedimiento de incorporación de módulos profesionales optativos a este catálogo. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, núm.

204, de 27 de agosto de 2025, 18-256.

<https://www.bocm.es/boletin/CM Orden BOCM/2025/08/27/BOCM-20250827-5.PDF>

Orden 3537/2025, de 12 de agosto, de la Consejería de Educación, Ciencia y Universidades, por la que se desarrolla el currículo de los módulos profesionales de carácter transversal incluidos en los planes de estudios de los ciclos formativos de formación profesional en la Comunidad de Madrid. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, núm. 204, de 27 de agosto de 2025, 257-298.

https://www.bocm.es/boletin/CM_Orden_BOCM/2025/08/27/BOCM-20250827-6.PDF

Orden ECD/1541/2015, de 21 de julio, por la que se establece el currículo del ciclo formativo de grado superior correspondiente al título de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 180, de 29 de julio de 2015, 64806-64836.

<https://www.boe.es/eli/es/o/2015/07/21/ecd1541>

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* (A/RES/70/1).

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>

Phillips, A. R., Robertson, A. L., Batzli, J., Harris, M. & Miller, S. (2008). Aligning goals, assessments, and activities: An approach to teaching PCR and gel electrophoresis. *CBE—Life Sciences Education*, 7(1), 96–106. <https://doi.org/10.1187/cbe.07-07-0052>

Real Decreto 500/2024, de 21 de mayo, por el que se modifican determinados reales decretos por los que se establecen títulos de Formación Profesional de grado superior y se fijan sus enseñanzas mínimas. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 129, de 28 de mayo de 2024, 61160-61409. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2024/05/21/500>

Real Decreto 659/2023, de 18 de julio, por el que se desarrolla la ordenación del Sistema de Formación Profesional. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 174, de 22 de julio de 2023, 106265-106464. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2023/07/18/659>

Real Decreto 771/2014, de 12 de septiembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico y se fijan sus enseñanzas mínimas. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 241, de 4 de octubre de 2014, 79331-79392. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/09/12/771>

Reta Medrano, P. (2007). *Análisis de la implementación del aprendizaje colaborativo y el aprendizaje basado en problemas en los primeros semestres de la licenciatura en*

ciencias de la enfermería del Tecnológico de Monterrey [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey]. Repositorio Institucional del Tec de Monterrey. <https://repositorio.tec.mx/server/api/core/bitstreams/4b9b03a1-8d2d-4a17-8c30-0f70817627f0/content>

Schöbel, S. (2020). *Exploring gamification in digital learning environments: Conceptual and empirical foundations for gamification designs* (Research on IT / Service / Innovation / Collaboration, Vol. 20). Kassel University Press.

Sharif, W. R., Narain, L. & Ogowewo, A. A. (2025). Impact of virtual reality and augmented reality technologies on biology education: A review. *GSC Advanced Research and Reviews*, 22(3), 159–167. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2025.22.3.0078>

Slavin, R. E. (2014). Cooperative learning and academic achievement: Why does groupwork work? *Anales de Psicología*, 30(3), 785-791. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=16731690002>

Trullàs, J. C., Blay, C., Sarri, E. & Pujol, R. (2022). Effectiveness of problem-based learning methodology in undergraduate medical education: A scoping review. *BMC Medical Education*, 22(1), 104. <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03154-8>

Tsay, M. & Brady, M. (2010). A case study of cooperative learning and communication pedagogy: Does working in teams make a difference? *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 10(2), 78–89. https://www.researchgate.net/publication/228653834_A_Case_Study_of_Cooperative_Learning_and_Communication_Pedagogy_Does_Working_in_Teams_Make_a_Difference

Wright, L. K., Fisk, J. N. & Newman, D. L. (2014). DNA→RNA: What do students think the arrow means? *CBE—Life Sciences Education*, 13(2), 338–348. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-09-0188>

Zainuddin, Z., Chu, S. K. W., Shujahat, M. & Perera, C. J. (2020). The impact of gamification on learning and instruction: A systematic review of empirical evidence. *Educational Research Review*, 30, 100326. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100326>

Anexo A. Calendario escolar 2025-2026

Figura 3 Calendario escolar de la Comunidad de Madrid para el curso 2025-2026.



CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y UNIVERSIDADES

Calendario escolar 2025 – 2026

Cuadro síntesis informativo

SEPTIEMBRE 2025							OCTUBRE 2025							NOVIEMBRE 2025						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7			1	2	3	4	5						1	2
8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9
15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16
22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23
29	30						27	28	29	30	31			24	25	26	27	28	29	30

DICIEMBRE 2025							ENERO 2026							FEBRERO 2026						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7				1	2	3	4							1
8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8
15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15
22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22
29	30	31					26	27	28	29	30	31		23	24	25	26	27	28	

MARZO 2026							ABRIL 2026							MAYO 2026						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
						1			1	2	3	4	5					1	2	3
2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12	4	5	6	7	8	9	10
9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19	11	12	13	14	15	16	17
16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26	18	19	20	21	22	23	24
23	24	25	26	27	28	29	27	28	29	30				25	26	27	28	29	30	31
30	31																			

JUNIO 2026							JULIO 2026						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7			1	2	3	4	5
8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12
15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19
22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26
29	30						27	28	29	30	31		

A efectos académicos:

- Inicio de periodo lectivo alumnos enseñanzas correspondientes.
- Día festivo/vacacional enseñanzas correspondientes.
- Otros días no lectivos enseñanzas que corresponden.
- Evaluación final ordinaria enseñanzas que correspondan.
- Repaso y actividades formativas enseñanzas que correspondan.
- Último día lectivo alumnos enseñanzas correspondientes.



Comunidad
de Madrid

CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y UNIVERSIDADES

NOTAS:

1. A este calendario hay que añadir los días de fiesta de ámbito local que haya determinado cada municipio y así aparezcan publicados en el BOCM para los años 2025 y 2026.
2. Los centros privados sostenidos con fondos públicos podrán cambiar, previo acuerdo del Consejo Escolar y notificación a la correspondiente Dirección de Área Territorial, uno de los días de la categoría 'Otros días no lectivos enseñanzas que corresponden', para facilitar la celebración del patrono del centro. Dichos traslados de fecha deben ser notificados con antelación suficiente tanto a las familias como a las Direcciones de Área Territorial.

INICIO PERIODO LECTIVO PARA LOS ALUMNOS ENSEÑANZAS CORRESPONDIENTES:

- Escuelas Infantiles, Casas de Niños, unidades de primer ciclo de Educación Infantil autorizadas en colegios públicos y Escuelas Infantiles privadas sostenidas con fondos públicos [8 de septiembre 2025]
- Centros de segundo ciclo de Educación Infantil, Educación Primaria y Educación Especial [8 de septiembre 2025]
- Centros Integrados de Enseñanzas Artísticas de Música y de Educación Primaria [8 de septiembre 2025]
- Centros de Educación Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional [9 de septiembre 2025]
- Centros Integrados de Enseñanzas Artísticas de Música y de Educación Secundaria [9 de septiembre 2025]
- Conservatorios Profesionales de Música [9 de septiembre 2025]
- Conservatorios Profesionales de Danza [9 de septiembre 2025]
- Escuelas Oficiales de Idiomas [9 de septiembre 2025]
- Escuelas de Arte - 2º curso de los ciclos de Artes Plásticas y Diseño [9 de septiembre 2025]
- Centros de Enseñanzas Artísticas Superiores [10 de septiembre de 2025]
- Centros de Educación de Personas Adultas [18 de septiembre 2025]
- Escuelas de Arte - 1er. Curso de los ciclos de Artes Plásticas y Diseño [19 de septiembre 2025]

FINALIZACIÓN DEL PERIODO LECTIVO PARA LOS ALUMNOS ENSEÑANZAS CORRESPONDIENTES:

- Escuelas Infantiles, Casas de Niños, unidades de primer ciclo de Educación Infantil autorizadas en colegios públicos y Escuelas Infantiles privadas sostenidas con fondos públicos [31 de julio 2026]
- Centros de segundo ciclo de Educación Infantil, Educación Primaria y Educación Especial [19 de junio 2026]
- Centros Integrados de Enseñanzas Artísticas de Música y de Educación Primaria [19 de junio 2026]
- Centros de Educación Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional (excepto los alumnos de 2º curso de Bachillerato, que finalizará sus actividades lectivas en función de las necesidades derivadas de la realización de la prueba de acceso a la Universidad y sus procedimientos de admisión) [19 de junio 2026]
- Centros Integrados de Enseñanzas Artísticas de Música y de Educación Secundaria (excepto los alumnos de 2º curso de Bachillerato, que finalizará sus actividades lectivas en función de las necesidades derivadas de la realización de la prueba de acceso a la Universidad y sus procedimientos de admisión) [19 de junio 2026]
- Conservatorios Profesionales de Música y Conservatorios Profesionales de Danza (excepto los alumnos de 6º curso de enseñanzas profesionales, que finalizará sus actividades lectivas en función de las necesidades derivadas de la prueba de acceso a la Universidad y sus procedimientos de admisión) [19 de junio 2026]
- Escuelas Oficiales de Idiomas [25 de junio 2026]
- Escuelas de Arte [19 de junio 2026]
- Centros de Enseñanzas Artísticas Superiores [19 de junio 2026]
- Centros de Educación de Personas Adultas [19 de junio 2026]

Fuente: *Calendario escolar 2025-2026*, por la Consejería de Educación, Ciencia y Universidades de la Comunidad de Madrid, 2025, EducaMadrid (madrid.org).

Anexo B. Atención a la diversidad

Tabla 9 Informe descriptivo de las necesidades y las respuestas educativas de la alumna NEAE (dislexia).

INFORME INDIVIDUALIZADO LA PROGRAMACIÓN MÚLTIPLE	
Nombre y apellidos: Alumna 1	Etapas/Nivel: 1ª CFGS Técnico Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico
Tutor/a: Tutor 1	
Cómo es y cómo se ve a sí misma	
Cómo es: alumna de 18 años que ha accedido al ciclo formativo de grado superior tras haber cursado previamente un ciclo formativo de grado medio del ámbito sanitario. Es una estudiante responsable, constante y bastante perfeccionista, con interés por aprender y buena disposición hacia las actividades de clase. Tiene buena relación con sus compañeros y suele integrarse bien en los trabajos en grupo, especialmente cuando las tareas son prácticas. Cuando se encuentra con dificultades tiende a frustrarse. Cómo se ve a sí misma: se considera una alumna trabajadora y capaz en las actividades orales y prácticas, aunque a menudo duda de sus capacidades en tareas relacionadas con la lectura y la escritura. Siente que va retrasada con respecto a sus compañeros, sobre todo cuando hay que leer o redactar, y eso le genera inseguridad y miedo a equivocarse, especialmente cuando tiene que leer en voz alta o escribir rápido. En ocasiones piensa que no es tan válida académicamente como el resto, aunque cuando trabaja con apoyo gana confianza y participa con más seguridad.	
Aprendizaje	
Qué sabe: presenta una base acerca de conocimientos del ámbito sanitario adquiridos durante el ciclo formativo de grado medio, especialmente relacionados con procedimientos básicos de laboratorio, normas de bioseguridad y manejo general del material sanitario. Asimismo, muestra conocimientos previos sobre técnicas y dinámicas habituales del trabajo en el laboratorio al haber realizado con anterioridad prácticas en uno. Por otra parte, comprende el vocabulario básico biosanitario. Cómo aprende: aprende mejor mediante explicaciones orales, ejemplos prácticos, apoyos visuales y demostraciones guiadas. Comprende con mayor facilidad los contenidos cuando los aplica a situaciones reales y cuando las tareas se plantean secuenciadas y subdivididas en otras menores. Se beneficia del trabajo colaborativo, especialmente en aquellas situaciones en las que hay que afrontar la lectura e interpretación de textos extensos.	
Participación	
En las actividades dentro del grupo: participa de forma activa y colaborativa en las tareas grupales, especialmente en aquellas de carácter práctico o manipulativo. Suele implicarse en la organización del trabajo y mantiene siempre una actitud respetuosa con el resto de sus compañeros. Se siente más segura cuando trabaja en grupos reducidos y tiene controlado cuál es su competencia, siempre que ésta no esté relacionada con documentación.	
En las actividades en el centro: suele mantener una actitud correcta y respetuosa en las actividades organizadas por el centro, aunque habitualmente adopta un papel más discreto y pasa a un segundo plano, especialmente en contextos con grupos numerosos. Participa con más seguridad cuando realiza las actividades junto a compañeros de su grupo habitual, porque es con las que se siente más cómoda. En ese momento, muestra una actitud más participativa y colaborativa. Recientemente ha asistido a un taller práctico acerca de educación medioambiental de uno de los proyectos del centro.	
En las actividades fuera del centro: mantiene una vida social activa con su grupo de amigas, con quienes suele realizar planes de ocio. Además, acude a una academia de baile, actividad que disfruta especialmente y en la que se muestra más expresiva y desinhibida, según sus familiares.	

Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de los ácidos nucleicos mediante la integración de la Gamificación en el Aprendizaje Basado en Problemas. Programación para el módulo de Biología Molecular y Citogenética del primer curso del CFGS de Técnico Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico

Necesidades del alumno/a	Respuesta educativa
Más tiempo para procesar la información escrita y realizar tareas de lectura o redacción extensa	Flexibilidad temporal en las actividades que impliquen lecto-escritura.
Tareas estructuradas y secuenciadas	División de las actividades más complejas en tareas más pequeñas y secuenciadas, con guías de apoyo, instrucciones claras y modelos previos
Seguridad para afrontar tareas con elevada carga lectora, lectura en voz alta o escritura rápida	Generación de un clima de aula cercano y de confianza, ofreciendo apoyo individualizado y evitando situaciones de exposición innecesaria. Refuerzo positivo.
Textos adaptados	Elaboración de materiales con información fragmentada, mayor interlineado, palabras clave destacadas (negrita) y fuentes sans-serif (Arial, Verdana u OpenDyslexic) de tamaño no inferior a 12 puntos. Incorporación de apoyos visuales como esquemas o imágenes
Vías de acceso a la información y de expresión del aprendizaje que vayan más allá de la lectura y redacción de textos	Para el acceso la información: utilización de demostraciones guiadas, recursos audiovisuales y herramientas digitales de apoyo, como lectores de texto o diccionarios digitales. Para la expresión del aprendizaje: desarrollo de prácticas de laboratorio, actividades manipulativas, orales y digitales.
Aprendizaje en contextos vinculados a situaciones reales o profesionales	Implementación de metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos, el Aprendizaje Basado en Problemas o el Aprendizaje Servicio
Trabajo en grupos reducidos con un/a compañero/a de apoyo lingüístico, desempeñando un rol de acuerdo con sus fortalezas	Incorporación del Aprendizaje Cooperativo
Evaluación parcialmente adaptada	Priorización de la comprensión y el contenido frente a otros aspectos como la pronunciación, la caligrafía y la ortografía, y disponibilidad de tiempo adicional (30%)

Fuente: elaboración propia.

Anexo C. Criterios e instrumentos de evaluación

Tabla 10 *Criterios de evaluación de la unidad “ADN bajo sospecha: PCR y electroforesis de un caso forense”, asociados al Resultado de Aprendizaje 5 (RA5).*

RA5: Aplica técnicas de PCR y electroforesis al estudio de los ácidos nucleicos, seleccionando el tipo de técnica en función del estudio que se va a realizar	
CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE TRABAJO	
a)	Se ha descrito la técnica de PCR, sus variantes y aplicaciones.
c)	Se ha preparado la solución mezcla de reactivos en función del protocolo, la técnica y la lista de trabajo.
e)	Se ha programado el termociclador para realizar la amplificación.
f)	Se ha seleccionado el marcador de peso molecular y el tipo de detección en función de la técnica de electroforesis que hay que realizar.
g)	Se han cargado en el gel el marcador, las muestras y los controles.
i)	Se ha determinado el tamaño de los fragmentos amplificados.

Fuente: elaboración propia.

Figura 4 *Dossier del caso forense.*

“ADN bajo sospecha”

INFORME INICIAL DEL CASO

El pasado 30 de enero de 2025, los servicios de emergencia localizaron el cuerpo sin vida de un varón de 42 años en el interior de su domicilio, situado en Madrid. Según el jefe de la policía, la escena presenta indicios compatibles con una muerte violenta.

Durante la inspección ocular de la vivienda, se encontraron varios elementos de la casa rotos y tirados por el suelo y la víctima presentaba signos de forcejeo. Entre las evidencias recogidas destaca un cabello moreno hallado sobre la ropa de la víctima, que resulta de especial relevancia para la investigación ya que ésta es rubia. Dicha muestra ha sido recogida por la policía y requiere de su análisis.

La última persona que afirmó haber hablado con la víctima fue una vecina del edificio con la que mantenía una buena relación de amistad. Según su declaración, ambos conversaron

extensamente la tarde anterior y la víctima parecía encontrarse especialmente preocupada por varios problemas personales y laborales recientes. Concretamente, le comentó los continuos enfrentamientos que mantenía con el portero del edificio debido a varios problemas relacionados con la recepción y gestión de paquetes de mensajería; las frecuentes discusiones con otro vecino del inmueble por ruidos y problemas de convivencia; la conflictiva relación que seguía manteniendo con su expareja sentimental tras una ruptura especialmente complicada y las tensiones económicas y laborales surgidas recientemente con uno de sus empleados dentro de la empresa familiar. Debido a ello, la policía considera a estas cuatro personas principales sospechosas del caso, por lo que ha recogido muestras biológicas de todas ellas para su posterior análisis.

Las muestras recogidas, junto con el cabello encontrado en la escena, han sido remitidas al Servicio de Análisis Clínicos y Biomédico del hospital Universitario Severo Ochoa de Leganés para su estudio. El juez encargado del caso ha solicitado la realización de los análisis comparativos pertinentes para poder determinar si la evidencia biológica hallada puede relacionarse con alguno de los sospechosos identificados durante la investigación.

Para ello, los estudiantes del módulo de Biología Molecular, organizados en equipos de investigación y en calidad de Técnicos Superiores de Laboratorio Clínico y Biomédico, deberán encargarse del análisis de las muestras, la interpretación de los resultados obtenidos y la posterior elaboración de un informe técnico-pericial, que será dirigido al juez responsable del caso.

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo será determinar si el cabello hallado en la escena del crimen puede relacionarse con alguno de los sospechosos identificados por la policía mediante técnicas de Biología Molecular y emitir un informe dirigido al juez encargado del caso.

MUESTRAS DISPONIBLES

El laboratorio dispone actualmente de las siguientes muestras biológicas: pelo de la escena del crimen y saliva de los cuatro sospechosos identificados por la policía. Con el fin de garantizar la confidencialidad de la investigación y para que el análisis sea lo más objetivo posible, las muestras de los sospechosos han sido codificadas, de modo que se trabajará

exclusivamente con códigos de muestra sin conocer la correspondencia directa con cada sospechoso.

Código de muestra	Tipo de muestra	Procedencia
M-01	Cabello	Escena del crimen
S-01	Saliva	Sospechoso 1
S-02	Saliva	Sospechoso 2
S-03	Saliva	Sospechoso 3
S-04	Saliva	Sospechoso 4

ANÁLISIS INICIAL DEL CASO

1. Identificación de elementos clave

Tras la lectura del caso, responde individualmente a las siguientes preguntas:

¿Cuál es la principal evidencia encontrada?

.....

¿Por qué resulta relevante dicha evidencia para la investigación?

.....

¿Qué pretende averiguarse mediante el análisis de las muestras recogidas?

.....

¿Qué relación mantenían los sospechosos con la víctima?

.....

2. Ideas previas y reflexión inicial

Responded ahora en equipo a las siguientes cuestiones:

¿Creéis que un cabello puede utilizarse para identificar a una persona? Justificad vuestra respuesta.

.....

.....

.....

¿Qué tipo de moléculas deben analizarse?

.....

.....

.....

¿Qué técnicas conoces para ello?

.....

.....

.....

¿Qué significan las siglas de PCR?

.....

.....

.....

¿Qué información puede aportar una electroforesis?

.....

.....

.....

¿Qué problemas pueden surgir durante el análisis de las muestras?

.....

.....

.....

HIPÓTESIS INICIAL DEL EQUIPO

Teniendo en cuenta la información disponible, elaborad una hipótesis sobre cómo podría resolverse el caso desde el laboratorio de Biología Molecular.

.....

.....

.....

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

NOMBRE DEL EQUIPO:

Nombre	Rol asignado
	Responsable de organización
	Responsable de laboratorio
	Responsable de análisis
	Responsable de documentación y comunicación

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11 *Lista de cotejo para la evaluación de la ficha selección y justificación del tipo de PCR a aplicar en el caso forense.*

INDICADOR	SI (0 puntos)	NO (1 punto)	OBSERVACIONES
Selecciona un tipo de PCR coherente con la resolución del caso			
Relaciona correctamente la técnica elegida con el tipo de muestras disponibles			
Justifica la elección en función de la finalidad del análisis			
Integra las características relevantes de la técnica seleccionada			
Fundamenta científicamente la decisión tomada			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12 *Escala de valoración tipo Likert para la evaluación del video sobre el diseño de cebadores para marcadores STR elaborado mediante NotebookLM.*

INDICADOR	Totalmente en desacuerdo (0 puntos)	En desacuerdo (1 punto)	Neutral (2 puntos)	De acuerdo (3 puntos)	Totalmente de acuerdo (4 puntos)
El equipo identifica adecuadamente la localización y la secuencia de los marcadores STR					
El motivo de repetición se describe correctamente					
El proceso del diseño de los cebadores se describe de forma adecuada					
La selección de los pares de cebadores está correctamente justificada					
La predicción del tamaño esperado de los amplicones es adecuado					
El vídeo identifica posibles errores o limitaciones detectadas durante el diseño de los cebadores					
Se utiliza vocabulario científico apropiado					

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13 *Lista de cotejo para la evaluación del uso del laboratorio virtual Cibertorio.*

INDICADOR	SI (0 puntos)	NO (1 punto)	OBSERVACIONES
Accede correctamente al laboratorio virtual			
Selecciona adecuadamente las muestras necesarias para el análisis forense y los pares de cebadores a ensayar			
Completa el pedido de forma correcta			
Pipetea los volúmenes de cada uno de los reactivos de acuerdo con lo establecido en el protocolo			
Completa la actividad de forma adecuada y en el tiempo establecido			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14 *Lista de cotejo para la evaluación de la programación del termociclador.*

INDICADOR	SI (0 puntos)	NO (1 punto)	OBSERVACIONES
Identifica correctamente las fases de la PCR			
Selecciona las temperaturas correspondientes a cada fase de forma adecuada			
Establece correctamente los tiempos de cada etapa de la PCR			
Determina un número de ciclos de amplificación adecuado			
Revisa la propuesta antes de su entrega y corrige los posibles errores en la programación si es necesario			
Completa la actividad correctamente en el tiempo establecido			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15 *Escala de valoración tipo Likert para la evaluación de la preparación de la master mix y de las mezclas de reacción en el laboratorio de Biología Molecular.*

INDICADOR	Totalmente en desacuerdo (0 puntos)	En desacuerdo (1 punto)	Neutral (2 puntos)	De acuerdo (3 puntos)	Totalmente de acuerdo (4 puntos)
Prepara adecuadamente el material necesario antes de comenzar la práctica					
Pipetea correctamente los volúmenes indicados en el protocolo					
Mantiene un orden adecuado durante la preparación de las mezclas de reacción					
Manipula correctamente micropipetas, puntas y tubos Eppendorf					
Cumple con las normas básicas de bioseguridad y trabajo en el laboratorio					
Completa correctamente la preparación de las mezclas de reacción en el tiempo establecido					

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16 Rúbrica para la evaluación de la selección del marcador de peso molecular, la carga de muestras en el gel de electroforesis y la determinación del tamaño de los fragmentos amplificados.

Criterio de evaluación		5.f) Se ha seleccionado el marcador de peso molecular y el tipo de detección en función de la técnica de electroforesis que hay que realizar.				
N. logro Atributos		Insuficiente (1 - 4,9)	Suficiente (5 - 5,9)	Bien (6 - 6,9)	Notable (7 - 8,9)	Sobresaliente (9 - 10)
Selección del marcador de peso molecular para la separación de unos amplicones de tamaño determinado		Selecciona incorrectamente el marcador de peso molecular y no justifica su elección	Selecciona correctamente el marcador, pero no justifica su elección	Selecciona correctamente el marcador de peso molecular pero la justificación resulta escasa o incompleta	Selecciona correctamente el marcador de peso molecular y la justifica adecuadamente la elección, aunque sin emplear lenguaje científico-técnico	Selecciona correctamente el marcador de peso molecular y la justifica adecuadamente la elección utilizando lenguaje científico-técnico
Criterio de evaluación		5.g) Se han cargado en el gel el marcador, las muestras y los controles.				
N. logro Atributos		Insuficiente (1 - 4,9)	Suficiente (5 - 5,9)	Bien (6 - 6,9)	Notable (7 - 8,9)	Sobresaliente (9 - 10)
Carga del marcador de peso molecular, las muestras y los controles en el gel de agarosa		No carga el marcador, las muestras ni los controles en el gel	Carga el marcador, las muestras y los controles en el gel, sin respetar el volumen ni el orden establecidos	Carga el marcador, las muestras y los controles en el gel respetando el volumen establecido, pero no el orden	Carga el marcador, las muestras y los controles en el gel respetando el volumen y el orden establecidos	Carga el marcador, las muestras y los controles en el gel respetando el volumen y el orden establecidos, completando el procedimiento con rapidez y seguridad
Criterio de evaluación		5.i) Se ha determinado el tamaño de los fragmentos amplificados.				
N. logro Atributos		Insuficiente (1 - 4,9)	Suficiente (5 - 5,9)	Bien (6 - 6,9)	Notable (7 - 8,9)	Sobresaliente (9 - 10)
Empleo de ImageJ para la medición de la distancia de migración relativa (Rf)		No utiliza ImageJ para medir el Rf de las bandas	Utiliza ImageJ con dificultad y comete errores importantes en la medición del Rf	Utiliza ImageJ para medir el Rf de las bandas de forma adecuada, aunque presenta algunas imprecisiones	Utiliza correctamente ImageJ y mide el Rf de las bandas con precisión, aunque requiere de ayuda para ello	Utiliza correctamente y de forma autónoma ImageJ, realizando mediciones precisas de los Rf de las bandas
Elaboración de la recta de calibrado e interpolación en Excel		No elabora una recta de calibrado	Elabora una recta de calibrado pero su coeficiente de correlación es pobre	Elabora una recta de calibrado con un elevado coeficiente de correlación, pero no es capaz de interpolar correctamente	Elabora una recta de calibrado con un elevado coeficiente de correlación e interpola adecuadamente el Rf de la muestra problema, pero	Elabora una recta de calibrado con un elevado coeficiente de correlación e interpola correctamente el Rf de la muestra problema de forma autónoma

Aplicación de técnicas de PCR y electroforesis al estudio de los ácidos nucleicos mediante la integración de la Gamificación en el Aprendizaje Basado en Problemas. Programación para el módulo de Biología Molecular y Citogenética del primer curso del CFGS de Técnico Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico

			el Rf de la muestra problema	requiere de ayuda para ello	
Producción de un Padlet colaborativo	No elabora el Padlet o éste no incluye todos los apartados solicitados.	El Padlet incluye todos los apartados solicitados, aunque la interpretación presenta errores importantes y las conclusiones sobre la correspondencia de las muestras es incorrecta	El Padlet incluye todos los apartados solicitados e interpreta adecuadamente los resultados, aunque presenta algunas imprecisiones en las conclusiones acerca de la correspondencia entre las muestras	El Padlet incluye todos los apartados solicitados, interpreta adecuadamente los resultados obtenidos y establece conclusiones coherentes sobre la correspondencia entre las muestras	El Padlet incluye de forma clara, estructurada y rigurosa todos los apartados solicitados, interpreta correctamente los resultados sin errores y establece conclusiones científicamente fundamentadas acerca de la correspondencia entre las muestras

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17 Rúbrica para la evaluación de la memoria científica y del informe técnico-pericial del caso forense.

Criterio de evaluación	5.a) Se ha descrito la técnica de PCR, sus variantes y aplicaciones				
N. logro Atributos	Insuficiente (1 - 4,9)	Suficiente (5 - 5,9)	Bien (6 - 6,9)	Notable (7 - 8,9)	Sobresaliente (9 - 10)
Fundamentación de las técnicas de PCR y electroforesis en genética forense	No fundamenta la utilidad de las técnicas empleadas	Fundamenta las técnicas con errores importantes o información insuficiente	Fundamenta adecuadamente las técnicas, aunque con algunas imprecisiones o escasa profundidad	Fundamenta de forma precisa y detallada la utilidad de las técnicas en genética forense	Fundamenta de forma precisa, detallada y con lenguaje científico-técnico la utilidad de las técnicas en genética forense
Descripción de materiales, reactivos y métodos empleados	No describe los materiales, reactivos ni los métodos empleados	Describe parcialmente los materiales, reactivos y métodos, presentando errores relevantes	Describe todos los materiales, reactivos y métodos, aunque con algunas incorrecciones	Describe todos los materiales, reactivos y métodos de forma correcta	Describe todos los materiales, reactivos y métodos de forma correcta, clara rigurosa y ordenada los reactivos, materiales y métodos, utilizando vocabulario científico-técnico
Diseño y justificación de los cebadores empleados	No incluye el diseño ni la justificación de los cebadores	Incluye el diseño de los cebadores, pero con errores importantes o sin justificación	Diseña adecuadamente los cebadores, aunque la justificación resulta incompleta o poco precisa	Diseña adecuadamente los cebadores, incluyendo una justificación completa y precisa	Diseña y justifica de forma correcta y rigurosa los cebadores empleando, utilizando lenguaje científico-técnico
Propuesta de medidas correctoras de bioseguridad, contaminación y gestión de residuos, relacionadas con las técnicas	No propone medidas correctoras relacionadas con la bioseguridad, la prevención de contaminación ni la gestión de residuos	Propone medidas correctoras poco coherentes o escasamente relacionadas con las incidencias registradas	Propone medidas correctoras adecuadas, aunque presenta algunas inexactitudes o escasa justificación	Propone y justifica correctamente las medidas correctoras	Propone y justifica adecuadamente medidas correctoras adaptadas a las incidencias detectadas, empleando vocabulario científico-técnico preciso

Criterio de evaluación		5.i) Se ha determinado el tamaño de los fragmentos amplificados.				
N. logro Atributos		Insuficiente (1 - 4,9)	Suficiente (5 - 5,9)	Bien (6 - 6,9)	Notable (7 - 8,9)	Sobresaliente (9 - 10)
Presentación e interpretación de los resultados de electroforesis		No presenta los resultados de la electroforesis o los presenta de forma inadecuada	Presenta adecuadamente los resultados de la electroforesis, pero su interpretación es incorrecta	Presenta los resultados de la electroforesis, e interpreta el tamaño de los fragmentos amplificados, aunque con alguna inexactitud	Presenta e interpreta correctamente los resultados de la electroforesis, determinando de forma exacta el tamaño de los fragmentos amplificados	Presenta e interpreta de forma rigurosa, coherente y en términos científicos los resultados de la electroforesis, determinando de forma exacta el tamaño de los fragmentos amplificados
Discusión y comparación de la muestra problema con las de los sospechosos		No presenta una discusión o lo hace sin llegar a comparar las muestras problemas con las de los sospechosos	Compara la muestra problema con las de los sospechosos, pero la discusión de los resultados presenta errores importantes o escasa coherencia	Compara la muestra problema con las correspondientes a los sospechosos y discute los resultados obtenidos de forma coherente, aunque presenta algunas inexactitudes	Compara con exactitud la muestra problema con las correspondientes a los sospechosos y discute los resultados obtenidos de forma coherente	Compara rigurosamente la muestra problema con las correspondientes a los sospechosos y discute de forma precisa, fundamentada y con calidad científica los resultados obtenidos
Conclusión e informe técnico-pericial		No establece una conclusión coherente o no elabora el informe técnico-pericial	Establece conclusiones incorrectas o el informe resulta poco claro y fundamentado	Establece conclusiones correctas y elabora el informe, aunque con algunas imprecisiones	Establece conclusiones correctas y elabora adecuadamente el informe técnico-pericial	Establece conclusiones correctas y precisas, empleando lenguaje técnico, y elabora un informe técnico-pericial claro, preciso y adaptado al contexto judicial

Fuente: elaboración propia.

Anexo D. Estaciones de aprendizaje

Tabla 26 *Actividades de las estaciones de aprendizaje correspondientes a la actividad “La huella del ADN”.*

ESTACIÓN 1
El alumnado recibe una fotocopia con una breve introducción al fundamento de la electroforesis, en la que se explica que el ADN posee carga negativa y que migra hacia el polo positivo a través de una matriz de agarosa, desplazándose los fragmentos pequeños a mayor velocidad que los grandes. En esa misma ficha, los estudiantes encuentran a continuación el esquema de una cubeta de electroforesis horizontal, en la que deben indicar el cátodo y ánodo, la orientación del gel, el sentido de la migración del ADN y representar aproximadamente la posición final de distintos fragmentos de ADN de diferente tamaño tras la electroforesis. Asimismo, la ficha incluye una situación problemática relacionada con un error en la orientación del gel, que el alumnado debe analizar y justificar brevemente. Durante la tarea, los estudiantes pueden consultar su propio dispositivo móvil.
ESTACIÓN 2
El alumnado dispone de una serie de tarjetas con los nombres de distintos tipos de electroforesis (agarosa, poliacrilamida, capilar, de capa fina, continua, discontinua, bidimensional, isoelectroenfoque, de campos pulsantes, de flujo continuo e inmunolectroforesis, entre otras). Asimismo, cuentan con un segundo conjunto de tarjetas que contienen la descripción de cada técnica, incluyendo su fundamento, el tipo de muestra analizada y sus principales aplicaciones. La actividad consiste en emparejar correctamente cada tipo de electroforesis con su descripción correspondiente. Para ello, las tarjetas con los nombres de las técnicas presentan una letra identificativa y las descripciones un número, de manera que el alumnado debe registrar en una plantilla las asociaciones entre letras y números. Finalmente, los estudiantes deben identificar qué tipo de electroforesis se emplea habitualmente en genética forense para el análisis de STR y compararla brevemente con la electroforesis en agarosa que utilizarán posteriormente en el laboratorio.
ESTACIÓN 3
El alumnado dispone de una serie de imágenes desordenadas correspondientes a las distintas etapas de una electroforesis en gel de agarosa, desde la preparación del gel hasta la visualización final de los resultados. Entre ellas se incluyen acciones como la preparación de la agarosa, colocación del peine, vertido del gel, carga de las muestras, conexión de la fuente de alimentación, desarrollo de la electroforesis y tinción del gel. La actividad consiste en ordenar correctamente las imágenes siguiendo la secuencia real del procedimiento experimental. Cada fotografía presenta una letra identificativa, por lo que el alumnado debe entregar en una plantilla el orden secuencial correcto de las mismas. Para facilitar la tarea, los estudiantes disponen de un PNT de laboratorio para su consulta.
ESTACIÓN 4
El alumnado se encuentra sobre una mesa distintos reactivos empleados en una electroforesis en gel de agarosa, entre los que se incluyen agarosa, tampón TAE, tampón de carga y marcador de peso molecular. A partir de estos reactivos, los estudiantes deben localizar a través del ordenador allí presente un breve video divulgativo o técnico sobre la electroforesis en gel de agarosa que explique la función de los principales reactivos implicados en la técnica. Tras su visualización, cada equipo debe completar una ficha en la que se sintetice la función de cada uno de los reactivos. Además, deben seleccionar, entre varios marcadores de peso molecular propuestos, el más adecuado para la separación de unos fragmentos de ADN de tamaño determinado, justificando razonadamente su elección.

ESTACIÓN 5
Los discentes disponen de una serie de fotografías reales de geles de electroforesis que presentan distintos problemas técnicos habituales, como ausencia de bandas, <i>smearing</i> , exceso de muestra en el pocillo, etc. Los estudiantes deben explicar en una ficha qué observan, cuál puede ser la causa y cómo se puede solucionar, para después registrar sus respuestas en un audio a través de Google Classroom.
ESTACIÓN 6
El alumnado dispone de una fotografía panorámica de un laboratorio de Biología Molecular en la que se representan distintas situaciones relacionadas con el desarrollo de una electroforesis en gel de agarosa. Entre ellas, se incluyen tanto conductas adecuadas como errores vinculados al uso de EPIs, manipulación de agarosa, organización del puesto de trabajo, utilización de micropipetas, manipulación de equipos eléctricos y gestión de residuos de laboratorio. La actividad consiste en identificar las situaciones incorrectas presentes en la imagen mediante un listado de comprobación y explicar brevemente por qué suponen un riesgo para la seguridad y la calidad experimental (contaminación, etc.). Finalmente, la estación incorpora una breve cuestión de reflexión sobre el uso histórico del bromuro de etidio como agente para la visualización de ADN y los riesgos asociados a su utilización. Para responderla, el alumnado puede consultar información mediante su teléfono móvil.

Fuente: elaboración propia.