

TRABAJO FIN DE MÁSTER



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

Máster Universitario en Formación del Profesorado

*EL pH Y LA VIDA: PROPUESTA DE INNOVACIÓN DIDÁCTICA EN
EL CFGS DE LABORATORIO CLÍNICO Y BIOMÉDICO (1º CURSO)
PARA EL ESTUDIO DEL MECANISMO DE ACCIÓN DE LOS
FÁRMACOS MEDIANTE APRENDIZAJE BASADO EN
PROYECTOS*

Autor:

Jorge Simal Aguado

https://youtu.be/r_WRMurQt_s

Directora:

Dra. Eva Salazar Serna

Murcia, Mayo de 2026

ÍNDICE

RESUMEN	7
1. JUSTIFICACIÓN	9
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Marco legal	13
2.2. Estado actual de la enseñanza y dificultades de aprendizaje	13
2.3. Enseñanza de la química en la Formación Profesional sanitaria	14
2.4. Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)	15
2.5. Integración sistémica de la química en el entorno clínico	16
2.6. Convergencia didáctica entre el ABP y la resolución de problemas clínicos	17
2.7. Recursos innovadores para la transferencia de conceptos abstractos al entorno clínico	18
2.8. La rúbrica como motor de autonomía y reflexión en la práctica clínica ..	19
3. OBJETIVOS	21
3.1. Objetivo General	21
3.2. Objetivos Específicos	21
4. METODOLOGÍA	23
4.1. Contenidos	23
4.2. Temporalización y actividades	24
4.2.1. Fase 1: Lanzamiento y Conceptos Clave (Sesiones 1-3)	25
4.2.2. Fase 2: Investigación y Casos Clínicos (Sesiones 4-6)	29
4.2.3. Fase 3: El Laboratorio Experimental (Sesiones 7-9)	32
4.2.4. Fase 4: Elaboración y Cierre (Sesiones 10-12)	35
4.3. Recursos	37
4.3.1. Recursos personales	37
4.3.2. Recursos materiales	37

4.3.3. Recursos Espaciales	38
5. EVALUACIÓN	39
5.1. Evaluación del cumplimiento de los objetivos del proyecto	39
5.2. Evaluación de la calidad y viabilidad de la propuesta de innovación	40
6. REFLEXIÓN Y VALORACIÓN FINAL	43
6.1. Alcance y beneficios de la propuesta	43
6.2. Carácter innovador	43
6.3. Viabilidad económica y sostenibilidad	44
6.4. Extrapolación a otros contextos educativos	44
6.5. Limitaciones y propuestas de mejora	45
6.6. Valoración del impacto en la práctica docente	45
7. REFERENCIAS	46
8. ANEXOS	49
8.1. Anexo I. Mapa anatómico de compartimentos de pH	49
8.2. Anexo II. Rúbrica de coevaluación del póster científico	50
8.3. Anexo III. Cuestionario de evaluación (Pre/Post-intervención)	51
8.4. Anexo IV. Ficha de investigación farmacológica	53
8.5. Anexo V. Rúbrica de evaluación del desempeño en el laboratorio	54

ÍNDICE DE ELEMENTOS GRÁFICOS

TABLA

Tabla 1 . Cronograma de la propuesta de intervención por fases y sesiones ..	24
Tabla 2 . Evaluación del grado de cumplimiento de los objetivos específicos ..	40
Tabla 3 . Evaluación de la eficacia del diseño de la propuesta	41
Tabla 4 . Rúbrica de coevaluación del póster científico	50
Tabla 5 . Rúbrica de desempeño técnico en el laboratorio.	54

RESUMEN

Esta propuesta de innovación didáctica aborda la dificultad del alumnado de primer curso del CFGS en Laboratorio Clínico y Biomédico para comprender los conceptos de equilibrio ácido-base, pH y pKa, a menudo percibidos como abstractos y descontextualizados. El objetivo principal es fomentar un aprendizaje significativo mediante la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), tomando como hilo conductor la relación entre el pH fisiológico y el camino que siguen los medicamentos en el cuerpo. La intervención se estructura en 12 sesiones organizadas en cuatro fases: lanzamiento mediante casos clínicos y recursos visuales originales (mapa anatómico de pH y la analogía de la 'molécula con mochila'); investigación de constantes fisicoquímicas; experimentación en laboratorio con simuladores de órganos artificiales; y una fase de cierre con la defensa de un póster científico. Se espera que esta propuesta no solo mejore la adquisición de conceptos teóricos, sino que incremente la motivación y desarrolle competencias transversales como el pensamiento crítico y el trabajo colaborativo. En conclusión, el proyecto constituye una alternativa innovadora, viable y de bajo coste que logra transferir el conocimiento químico al entorno clínico, esencial para el futuro desempeño profesional del técnico en laboratorio.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Proyectos, equilibrio ácido-base, Laboratorio Clínico y Biomédico, innovación educativa, pH.

ABSTRACT

This didactic innovation proposal addresses the difficulties faced by first-year students of the Higher Vocational Training Degree in Clinical and Biomedical Laboratory in understanding the concepts of acid-base balance, pH, and pKa, which are often perceived as abstract and decontextualized. The main objective is to foster meaningful learning through Project-Based Learning (PBL) methodology, using the relationship between physiological pH and the pathway of drugs within the body as a common thread. The intervention is structured into 12 sessions organized across four phases: launching through clinical cases and original visual resources (an anatomical pH map and the 'molecule with a backpack' analogy); investigation of physicochemical constants; laboratory experimentation using artificial organ simulators; and a closing phase involving the defense of a scientific poster. It is expected that this proposal will not only improve the acquisition of theoretical concepts but also increase motivation and develop transversal skills such as critical thinking and collaborative work. In conclusion, the project constitutes an innovative, viable, and low-cost alternative that successfully transfers chemical knowledge to the clinical setting, which is essential for the future professional performance of clinical laboratory technicians.

Keywords: Project-Based Learning, acid-base balance, Clinical and Biomedical Laboratory, educational innovation, pH.

1. JUSTIFICACIÓN

Durante el periodo de prácticas realizado en un centro de Formación Profesional del ámbito sanitario, se ha podido observar una dificultad recurrente en el aprendizaje de contenidos relacionados con la química, en el alumnado del primer curso del Ciclo Formativo de Grado Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico. En particular, los contenidos vinculados al equilibrio ácido-base, el pH o el grado de ionización suelen percibirse por parte de los estudiantes como conceptos abstractos, excesivamente teóricos y alejados de su futura práctica profesional.

Esta situación genera, en muchos casos, una comprensión superficial de los contenidos, basada principalmente en la memorización de fórmulas o definiciones, sin llegar a establecer conexiones claras con situaciones reales del ámbito sanitario.

Si esta situación se mantiene, existe el riesgo de que el alumnado finalice su formación con una comprensión limitada de conceptos químicos fundamentales para su futura actividad profesional en el ámbito del laboratorio biomédico, lo que puede dificultar la interpretación de procesos relacionados con el análisis clínico, la farmacología o la bioquímica aplicada. Como consecuencia, el alumnado presenta dificultades para interpretar cómo variables químicas como el pH o el pKa pueden influir en procesos biológicos relevantes, tales como la absorción de medicamentos, su biodisponibilidad o su comportamiento en diferentes medios fisiológicos del organismo humano.

Sin embargo, el estudio de los equilibrios ácido-base tiene una gran relevancia en el ámbito biomédico y farmacológico. El pH de los distintos compartimentos del cuerpo humano, como el estómago, el intestino o la sangre, condiciona el grado de ionización de numerosas sustancias, lo que influye directamente en su solubilidad, su capacidad de atravesar membranas biológicas y, en última instancia, en la eficacia de muchos tratamientos farmacológicos. Comprender estos fenómenos resulta especialmente pertinente para estudiantes que se están formando en un ciclo relacionado con el laboratorio clínico y el análisis biomédico.

Desde esta perspectiva, se considera necesario introducir estrategias didácticas que permitan contextualizar los contenidos químicos dentro de situaciones próximas a la realidad profesional del alumnado. Diversos enfoques pedagógicos señalan que el aprendizaje resulta más significativo cuando los conocimientos se presentan vinculados a problemas reales o a contextos aplicados, favoreciendo así la comprensión profunda de los conceptos y aumentando la motivación del alumnado hacia la materia.

En este contexto surge la propuesta de diseñar un proyecto de innovación educativa basado en la metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABP), en el que el estudio del equilibrio ácido-base se aborde a partir de un hilo conductor relacionado con la fisiología humana y el mecanismo de acción de los fármacos. La idea central consiste en utilizar el comportamiento de los medicamentos en función del pH del organismo como elemento vertebrador del proceso de enseñanza-aprendizaje.

A través de esta propuesta, los estudiantes analizarán cómo varía el pH en diferentes órganos del cuerpo humano y cómo este factor condiciona la ionización y la absorción de distintos fármacos. De este modo, se pretende que el alumnado comprenda que el pH no es únicamente un valor numérico estudiado en química, sino un parámetro fundamental que puede determinar si un medicamento se absorbe correctamente, alcanza la circulación sanguínea o pierde eficacia terapéutica.

El proyecto se estructura en diferentes fases que combinan actividades de análisis conceptual, experimentación en laboratorio y resolución de casos aplicados al ámbito clínico. En primer lugar, el alumnado elaborará un mapa del pH de distintos medios fisiológicos del organismo. Posteriormente, se desarrollarán actividades experimentales en las que se simulará el comportamiento de sustancias ácidas y básicas en medios con distintos valores de pH. Finalmente, los estudiantes aplicarán los conocimientos adquiridos para interpretar situaciones relacionadas con la biodisponibilidad de medicamentos y la influencia de factores como el uso de antiácidos o protectores gástricos.

Con esta propuesta se pretende mejorar la comprensión de los contenidos químicos mediante su contextualización en situaciones relacionadas

con la práctica sanitaria, favoreciendo un aprendizaje más significativo y motivador para el alumnado del ciclo formativo. Asimismo, la integración de actividades experimentales y problemas aplicados permite aproximar el aprendizaje a las competencias profesionales propias del ámbito del laboratorio biomédico.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco legal

La presente propuesta de innovación se fundamenta en el marco normativo vigente para las enseñanzas de Formación Profesional. A nivel estatal, se rige por el 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 (BOE, núm. 241, 4 de octubre de 2014).

En el contexto específico de la Región de Murcia, el desarrollo y la organización del ciclo se rigen por la Orden de 31 de octubre de 2016, de la Consejería de Educación y Universidades, por la que se establece el currículo del ciclo formativo de Grado Superior correspondiente al título de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (BORM núm. 257, 5 de noviembre de 2016). Esta orden constituye el marco de referencia para la programación de los contenidos de carácter fisicoquímico integrados en el currículo, ya que concreta los resultados de aprendizaje y criterios de evaluación que el alumnado debe alcanzar en relación con el análisis y la preparación de muestras biológicas.

A su vez, el proyecto se alinea con las directrices de la Ley Orgánica 3/2022, de 31 de marzo, de ordenación e integración de la Formación Profesional (BOE, núm. 78, 1 de abril de 2022), que promueve la actualización metodológica y la innovación en el aula de FP.

2.2. Estado actual de la enseñanza y dificultades de aprendizaje

La enseñanza de la Física y la Química en los Ciclos Formativos de Grado Superior (CFGS) ha estado históricamente marcada por una metodología tradicional de transmisión de conocimientos. En el caso de los contenidos vinculados a los ensayos fisicoquímicos, se observa una tendencia a priorizar la resolución de problemas teóricos y el cálculo algorítmico frente a la comprensión de los fenómenos moleculares en un entorno clínico real (Arias-Gundín et al., 2008).

Esta metodología tradicional conlleva una serie de dificultades de aprendizaje documentadas.

La brecha entre teoría y práctica, tal como señala Caamaño (2011), el uso de actividades de laboratorio tipo recetario impide que el alumnado desarrolle una verdadera competencia científica, limitándose a seguir instrucciones sin comprender el fundamento técnico de sus acciones.

La abstracción de los conceptos, como el pH o el pKa, suele percibirse como datos numéricos aislados. Siguiendo la teoría de la transposición didáctica de Chevallard (1991), el objetivo es transformar el conocimiento científico abstracto en una herramienta de trabajo práctica, que capacite al alumnado para la correcta ejecución de técnicas analíticas y la interpretación de resultados en el contexto de la clínica humana.

2.3. Enseñanza de la química en la Formación Profesional sanitaria

La enseñanza de la química en el ámbito de la Formación Profesional sanitaria presenta una serie de desafíos específicos relacionados con la motivación del alumnado y la transferencia de conocimientos a contextos reales. En muchos casos, los contenidos se abordan desde un enfoque excesivamente teórico, lo que dificulta su comprensión y aplicación práctica (Sanmartí, 2002).

Diversas investigaciones en didáctica de las ciencias han señalado que el aprendizaje de conceptos abstractos, como el equilibrio químico o el pH, resulta más efectivo cuando se contextualiza en situaciones significativas para el alumnado (Caamaño, 2011). En este sentido, el aprendizaje significativo propuesto por David Ausubel establece que los nuevos conocimientos deben relacionarse con estructuras cognitivas previas para que puedan ser asimilados de manera eficaz (Ausubel, 2000).

En el contexto de la Formación Profesional, esta necesidad de contextualización adquiere especial relevancia, dado que el alumnado se está preparando para un entorno laboral concreto. Por ello, resulta fundamental que

los contenidos se vinculen con situaciones propias del ámbito sanitario, como el análisis de muestras biológicas o la administración de fármacos.

Asimismo, se ha observado que el uso de metodologías activas favorece la implicación del alumnado, promoviendo un aprendizaje más profundo y duradero. Estas metodologías permiten que el estudiante adopte un papel activo en la construcción de su conocimiento, frente a enfoques más tradicionales basados en la transmisión de información (Prince, 2004).

En consecuencia, la integración de contextos reales en la enseñanza de la química no solo mejora la comprensión de los contenidos, sino que también contribuye al desarrollo de competencias profesionales, como la capacidad de análisis, la toma de decisiones y la resolución de problemas (Zabalza, 2011).

2.4. Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)

El aprendizaje basado en proyectos (ABP) se configura como una de las metodologías activas más relevantes en el ámbito educativo actual, especialmente en contextos de formación profesional (Trujillo, 2015). Este enfoque se caracteriza por situar al alumnado en el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje, promoviendo la adquisición de conocimientos y competencias a través de la resolución de problemas reales o simulados (Barrows, 1986).

Según la literatura especializada, el ABP se define como una metodología en la que los estudiantes desarrollan un proyecto a lo largo de un periodo prolongado de tiempo, investigando y respondiendo a una pregunta compleja, problema o desafío (Thomas, 2000). Este proceso implica la integración de diferentes saberes, así como el desarrollo de habilidades como el trabajo en equipo, la autonomía y el pensamiento crítico.

En este contexto, el papel del docente se transforma, pasando de ser un transmisor de contenidos a un facilitador del aprendizaje. De este modo, se guía al alumnado en la búsqueda de información, la formulación de hipótesis y la elaboración de conclusiones fundamentadas (Helle et al., 2006).

Diversos estudios han evidenciado que el ABP favorece un aprendizaje más significativo, ya que los estudiantes establecen conexiones entre los contenidos teóricos y su aplicación práctica (Blumenfeld et al., 1991). Además, este enfoque resulta especialmente adecuado en entornos como la Formación Profesional, donde la adquisición de competencias aplicadas constituye un objetivo fundamental.

En relación con la enseñanza de la química, el ABP permite abordar conceptos complejos, como el equilibrio ácido-base, desde una perspectiva contextualizada, facilitando su comprensión. En este sentido, el uso de situaciones relacionadas con el mecanismo de acción de los fármacos constituye una estrategia eficaz para integrar conocimientos científicos y profesionales (Gil-Pérez & Vilches, 2004).

Por tanto, la implementación del ABP en el módulo de Técnicas Generales de Laboratorio no solo contribuye a mejorar el aprendizaje de los contenidos, sino que también prepara al alumnado para afrontar situaciones reales en su futuro desempeño profesional.

2.5. Integración sistémica de la química en el entorno clínico

La implementación del ABP en esta propuesta no responde a una elección arbitraria, sino a un análisis de la necesidad de conectar de forma sistémica las competencias del Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico con los fundamentos científicos. Para que una innovación educativa posea el rigor necesario en el ámbito de la Formación Profesional, debe fundamentarse en la estructura del "andamiaje", concepto desarrollado inicialmente por Bruner (1976) y aplicado al entorno de problemas complejos por Hmelo-Silver (2004).

Desde un enfoque sistémico, el éxito de esta metodología radica en que el problema actúe como el eje vertebrador que conecta la ciencia básica con la práctica clínica diaria. En esta propuesta, el estudio de la constante de acidez (K_a), el pK_a y el grado de ionización no se presenta como un cálculo matemático abstracto o una memorización de fórmulas. Por el contrario, se

configuran como variables analíticas críticas para entender la biodisponibilidad de los fármacos y el comportamiento de las muestras biológicas en el organismo. Según García-Valcárcel y Basilotta (2017), este enfoque permite que el aprendizaje sea profundo, ya que obliga al estudiante a establecer relaciones causales entre la química molecular y la fisiopatología humana.

Analíticamente, el proyecto se estructura bajo una lógica de investigación donde el docente actúa como un facilitador o mediador del aprendizaje. Este rol es definido por la literatura especializada como fundamental para evitar la dispersión del alumnado en entornos de formación técnica compleja (Kirschner et al., 2006). Se busca que el estudiante no solo sepa qué es un ácido o una base desde el punto de vista teórico, sino que desarrolle una capacidad de juicio profesional que le permita predecir e interpretar resultados analíticos en un fluido biológico real, garantizando así la seguridad del paciente en el entorno sanitario.

2.6. Convergencia didáctica entre el ABP y la resolución de problemas clínicos

La propuesta de innovación presentada no solo se nutre del ABP, sino que establece una convergencia con otras metodologías activas que refuerzan la formación en el ámbito de las ciencias de la salud. Es fundamental asimilar los principios de la resolución de problemas clínicos y la simulación profesional, ya que ambos procedimientos aportan la profundidad necesaria para que el alumnado de ciclos formativos transite desde el aula hacia el entorno asistencial. En este sentido, aunque el eje vertebrador es el proyecto, se integra la estructura del Aprendizaje Basado en Problemas al utilizar el caso clínico como el detonante inicial de la investigación. Según Ziv et al., (2005), este enfoque es esencial en las profesiones sanitarias, pues permite al alumnado ensayar procedimientos y toma de decisiones en un entorno controlado donde el error se convierte en una potente herramienta pedagógica y no en un riesgo real para la salud.

Esta convergencia se manifiesta igualmente en el uso de la simulación definida por autores como Arias-Gundín et al. (2008) como una estrategia que

potencia la adquisición de competencias transversales. Al transformar el laboratorio del centro educativo en un escenario que simula un laboratorio de análisis real, el alumnado deja de realizar prácticas convencionales para enfrentarse a desafíos profesionales que fomentan la autonomía técnica en la selección del instrumental y el pensamiento crítico necesario para predecir cómo afectará una variación de pH a la estabilidad de una muestra biológica. Esta integración metodológica facilita una transferencia de conocimiento efectiva, permitiendo aplicar leyes químicas universales a problemas diagnósticos específicos. Por tanto, la mezcla de estas metodologías garantiza que la intervención sea un sistema integrado de aprendizaje donde, como sostienen Gil-Pérez & Vilches (2004), la enseñanza de la ciencia abandona su aislamiento para integrarse plenamente en la cultura profesional del estudiante, uniendo la teoría académica con la resolución de problemas del entorno clínico.

2.7. Recursos innovadores para la transferencia de conceptos abstractos al entorno clínico

La profundidad de una propuesta de intervención no reside únicamente en la metodología empleada, sino en la idoneidad de los materiales diseñados para facilitar la transferencia del conocimiento científico a la práctica profesional. En este TFM, la creación de recursos originales, como la representación esquemática del organismo humano para la localización de fármacos y los diagramas de equilibrio de ionización, responde a la necesidad crítica de reducir la carga cognitiva del alumnado ante conceptos abstractos como el pKa y el pH. Este diseño se fundamenta sólidamente en la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia de Mayer & Fiorella (2021), la cual sostiene que el aprendizaje es significativamente más robusto cuando la información se presenta mediante canales duales, combinando lo visual con lo verbal. Al integrar la química analítica con una silueta humana que representa los diferentes compartimentos biológicos, por ejemplo, se permite que el estudiante de Formación Profesional deje de trabajar con variables numéricas aisladas y comience a construir modelos mentales integrados y aplicables.

En este contexto, el material didáctico deja de ser un mero apoyo decorativo para convertirse, según definen Anijovich y Cappelletti (2017), en un "objeto para pensar" que permite que conceptos invisibles a nivel molecular cobren sentido en un entorno clínico tangible y real. Asimismo, el uso de estos recursos visuales se justifica desde la perspectiva de la educación científica basada en modelos de Gilbert (2004), donde el alumnado utiliza los anexos diseñados no como fichas de ejercicios, sino como auténticas herramientas de predicción profesional. La silueta humana actúa como un escenario de simulación donde el estudiante debe ubicar y justificar el comportamiento del analito según el entorno ácido-base, fomentando una comprensión conceptual que perdura más allá de la memoria a corto plazo. En definitiva, la originalidad de los materiales aportados busca superar la tradicional dicotomía entre el aula de teoría y el laboratorio clínico, proporcionando al futuro técnico los instrumentos necesarios para interpretar la realidad de su entorno laboral con el rigor y la autonomía que el sector sanitario exige (Ziv et al., 2003).

2.8. La rúbrica como motor de autonomía y reflexión en la práctica clínica

El cierre de un diseño de innovación educativa basado en metodologías activas requiere una redefinición de los procesos de evaluación, pasando de un modelo meramente sumativo a una evaluación formativa y competencial (Black & Wiliam (2009). En el contexto del laboratorio clínico, la evaluación no debe entenderse como un acto final de calificación, sino como un proceso continuo de regulación del aprendizaje. Siguiendo a Anijovich y Cappelletti (2017), la evaluación formativa permite que el alumnado tome conciencia de sus propios procesos de pensamiento y de los obstáculos que encuentra al aplicar conceptos químicos a la práctica analítica. Esta perspectiva es fundamental en la Formación Profesional, donde el error en la interpretación del pH o de la estabilidad de un analito no debe ser penalizado de forma punitiva, sino utilizado como una oportunidad para la retroalimentación o *feedback* constructivo.

Para dotar de utilidad práctica a este modelo, el diseño de rúbricas se establece como el instrumento de evaluación más coherente con el ABP. Como

sostienen Panadero y Jonsson (2013), las rúbricas actúan como una hoja de ruta que clarifica las expectativas docentes y fomenta la autoevaluación y la coevaluación entre pares. Al proporcionar criterios claros sobre los niveles de desempeño en la resolución del caso clínico, se reduce la ansiedad del alumnado y se potencia su autonomía. En esta propuesta, la evaluación se integra de manera sistémica en el proyecto, permitiendo que el futuro técnico superior no solo demuestre que sabe, sino que sea capaz de reflexionar sobre su propia práctica, garantizando así una formación técnica basada en la excelencia y en la mejora continua de sus competencias profesionales.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

El objetivo general de este trabajo es el de mejorar la comprensión del equilibrio ácido-base y su aplicación en el ámbito sanitario en el alumnado de 1º curso del ciclo formativo de Laboratorio Clínico y Biomédico, mediante el estudio de estos contenidos a través del Aprendizaje Basado en Proyectos.

3.2. Objetivos Específicos

Para alcanzar el objetivo general, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Fomentar el aprendizaje significativo de los conceptos de pH y pKa mediante el uso de materiales visuales originales que vinculen la química analítica con la realidad del cuerpo humano.
- Incrementar la motivación del alumnado a través del planteamiento de retos profesionales y casos clínicos que den sentido práctico a los contenidos teóricos del módulo.
- Desarrollar la autonomía y el pensamiento crítico en el laboratorio, capacitando al estudiante para predecir e interpretar el comportamiento de las muestras biológicas en función de su acidez o basicidad.
- Promover el trabajo colaborativo mediante la resolución grupal de un proyecto que simule las dinámicas de trabajo reales en un entorno de laboratorio clínico.

4. METODOLOGÍA

La presente propuesta de innovación se articula mediante la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), situando al estudiante como protagonista de su propio aprendizaje en el Ciclo Formativo de Grado Superior de Laboratorio Clínico y Biomédico. Este proyecto busca que el alumnado resuelva el desafío de comprender la interacción entre el medio fisiológico y la eficacia farmacológica. A continuación, se detalla el proyecto.

4.1. Contenidos

La presente propuesta se integra en el módulo profesional de Técnicas Generales de Laboratorio, eje transversal del título de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico. Siguiendo la Orden de 31 de octubre de 2016, de la Consejería de Educación y Universidades, por la que se establece el currículo del ciclo formativo de Grado Superior correspondiente al título de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (BORM núm. 257, 5 de noviembre de 2016), los contenidos se organizan en función de los resultados de aprendizaje (RA) exigidos para este módulo:

- ♦ RA 2: prepara disoluciones y diluciones de muestras y reactivos, justificando los cálculos realizados. En este marco se encuadran los contenidos sobre el equilibrio ácido-base, la interpretación del pH y el pKa, y el uso de la ecuación de Henderson-Hasselbalch como herramienta de cálculo técnica.
- ♦ RA 3: aplica técnicas de separación y medida de parámetros fisicoquímicos, siguiendo protocolos establecidos. Este resultado ampara la parte experimental de la propuesta: el manejo de la potenciometría (pH-metro) y la preparación de disoluciones amortiguadoras.
- ♦ RA 7: aplica protocolos de seguridad y mantenimiento de equipos, asociándolos a los riesgos y medidas preventivas. Se vincula aquí la importancia de la estabilidad de las muestras y el comportamiento de los fármacos en el organismo (bioseguridad y rigor analítico).

Al organizar los contenidos de esta manera, se evita la fragmentación teórica y se garantiza que el alumnado no perciba la química como una asignatura aislada, sino como una competencia técnica esencial para su futuro desempeño en el laboratorio.

4.2. Temporalización y actividades

En la tabla 1 se incluye el cronograma del proyecto donde se puede ver la distribución de las actividades por sesiones en cada una de las fases.

Tabla 1. Cronograma de la propuesta de intervención por fases y sesiones.

Fase	Sesión	Título de la Sesión	Actividad principal
1. Lanzamiento y conceptos clave	1.	<i>¿Por qué no me hace efecto la pastilla?</i>	El caso del paciente con acidez y mapa del pH corporal.
	2.	<i>El lenguaje de los colores</i>	Escala de pH, indicadores visuales e introducción al pKa.
	3.	<i>¿Atrapado o libre?</i>	Analogía de la “mochila” y semáforo de absorción.
2. Investigación y casos clínicos	4.	<i>El botiquín a examen</i>	Búsqueda del pKa en bases de datos (AEMPS/BotPlus).
	5.	<i>Efecto “protector gástrico”</i>	Conflicto cognitivo y lógica química del pH gástrico.
	6.	<i>Diseño del protocolo experimental</i>	Elaboración del PNT.
3. El laboratorio experimental	7.	<i>Preparación de órganos artificiales</i>	Preparación de disoluciones tampón y calibración.
	8.	<i>Ensayo de solubilidad y precipitación</i>	Experimentación real y registro fotográfico de evidencias.
	9.	<i>Análisis de evidencias y control de errores</i>	Discusión de resultados y control de variables (T ^a , agitación).
4. Elaboración y cierre	10.	<i>Taller de diseño y estructura</i>	Estructura del póster científico y comunicación visual.
	11.	<i>Finalización</i>	Revisión por pares y corrección del producto final.
	12.	<i>Congreso científico de laboratorio</i>	Exposición de resultados, defensa y coevaluación.

Fuente: Elaboración propia. 2026.

El proyecto consta de 39 actividades que se desarrollarán a lo largo de 12 sesiones de clase de 50 minutos cada una. Se estructurará en 4 fases y tendrá una duración total de 3 semanas.

Está pensado para impartirse en el segundo trimestre del curso escolar, entre los meses de enero y marzo, periodo en el que el alumnado ya posee las destrezas básicas de laboratorio y puede afrontar con éxito la complejidad del proyecto. En los siguientes apartados se describen las actividades a realizar, en cada una de las fases del proyecto.

4.2.1. Fase 1: Lanzamiento y Conceptos Clave (Sesiones 1-3)

Sesión 1: *¿Por qué no me hace efecto la pastilla?*

El objetivo de esta sesión no es dar fórmulas, sino que el alumno entienda que el pH tiene una relación directa con la absorción de los medicamentos en el cuerpo. Se realizarán cuatro actividades:

1. El Gancho: El caso del paciente con acidez (10 min). Se empieza con una pregunta directa:

Situación: "Un paciente se toma una aspirina para el dolor de cabeza, pero a la vez se toma un protector de estómago (omeprazol) porque presenta molestias gástricas. Al cabo de una hora, el dolor de cabeza no se le ha quitado. ¿Por qué?"

Se abre un debate rápido. La idea es que los alumnos lleguen a la conclusión de que algo ha cambiado en el estómago que impide que la pastilla pase a la sangre.

2. Visualización (10 min). Se ve un vídeo muy corto (2-3 minutos) o una animación sobre la absorción de fármacos.

El objetivo es transmitir que para que un fármaco atraviese la pared del estómago/intestino y llegue a la sangre, debe estar en forma de molécula libre (no ionizada). Si el pH cambia, la molécula no se absorbe.

3. Presentación del reto: El Póster de Laboratorio (10 min). Se explica qué van a hacer en las próximas sesiones de forma sencilla:

Se va a crear un póster de consulta rápida para el laboratorio, en grupos de 3 o 4 personas. En él se dirá qué pasa con los fármacos más comunes cuando cambia el pH.

4. Actividad: El mapa del pH corporal (20 min). Cada grupo recibe un dibujo de una silueta humana (ANEXO I). Solo tienen que buscar (en su dispositivo digital o apuntes) y anotar el pH de tres sitios clave:

- Estómago (pH muy ácido, entre 1 y 3).
- Intestino delgado (pH básico, alrededor de 6-7).
- Sangre (pH neutro, 7.4).

Cierre: "Mañana veremos cómo se comportan los ácidos y las bases en esos tres sitios".

Sesión 2: *El lenguaje de los colores*

Esta sesión se divide en cuatro actividades y tiene como objetivo que el alumno comprenda la escala de pH y cómo identificar sustancias ácidas o básicas mediante indicadores visuales, preparándolos para el laboratorio real.

1. Repaso y conexión (5 min). *Se recuerda el mapa del cuerpo de la Sesión 1:*

- Estómago = Rojo (Muy ácido).
- Sangre = Verde/Azul (Neutro/Básico).

Pregunta: "¿Cómo sabemos en el laboratorio si una muestra es de un sitio u otro sin probarla?".

2. Demostración visual: La escala de colores (15 min). El docente realiza una pequeña demostración frente a la clase utilizando indicador universal.

Se muestran 3 tubos: uno con vinagre (ácido), uno con agua (neutro) y uno con bicarbonato (básico). Se añade el indicador y se observa el cambio de color.

Idea clave: el color da una información cuantitativa (el número de pH) y cualitativa (el color).

3. Actividad grupal: "Clasificando el Botiquín" (20 min). Cada grupo recibe una lista de 5 sustancias comunes que encontrarían en un laboratorio y debe buscar su pH aproximado para situarlas en la escala de colores.

Sustancias: jugo gástrico (pH 2), saliva (pH 6.5), sangre (pH 7.4), desinfectante (pH 9), lejía (pH 12).

Los alumnos deben pintar una tira reactiva en su cuaderno con el color correspondiente a cada una.

4. Introducción al concepto de pKa (10 min). Aquí se introduce la palabra "pKa" pero de forma muy sencilla.

Explicación: "cada fármaco tiene un número llamado pKa. Es como su 'DNI'. Este valor representa el pH en el cual una sustancia se encuentra en un equilibrio dinámico, existiendo un 50% de la fracción en forma ionizada (hidrosoluble) y un 50% en forma no ionizada (liposoluble).

No se explican fórmulas, solo el concepto de que el pKa es el valor de referencia del medicamento.

Sesión 3: *¿Atrapado o Libre?*

En esta sesión, la cual, consta de tres actividades, se introduce el concepto de ionización de una manera visual y aplicada, usando el ejemplo de la "puerta" (la membrana celular).

1. El concepto: La molécula con y sin mochila (15 min). Para facilitar la comprensión conceptual del alumno, se utiliza una analogía profesional:

Forma no ionizada (libre): es una molécula "sin mochila", es pequeña y neutra. Puede atravesar las paredes de grasa del estómago o intestino fácilmente para llegar a la sangre.

Forma ionizada (atrapada): es una molécula "con una mochila enorme de carga eléctrica". Al tener carga, se vuelve hidrosoluble y no puede atravesar la membrana. Se queda atrapada en el órgano.

Explicación técnica: "un fármaco ácido en un medio ácido se mantiene libre (no ionizado). Un fármaco ácido en un medio básico se carga eléctricamente (se ioniza) y se atrapa".

2. Actividad: El Semáforo de Absorción (25 min). En grupos, los alumnos trabajarán con una tabla sencilla. Deben decidir si el fármaco "pasa la puerta" (se absorbe) o "se queda atrapado" según el pH del órgano.

Caso A: aspirina (ácido, pK_a 3.5) en el estómago (pH 2).

Resultado: ácido en ácido $\rightarrow$ no se carga $\rightarrow$ pasa (verde).

Caso B: aspirina (ácido, pK_a 3.5) en el intestino (pH 7).

Resultado: ácido en básico $\rightarrow$ se carga $\rightarrow$ atrapada (rojo).

Caso C: el efecto del omeprazol. Si el estómago sube a pH 5 por el protector, ¿qué le pasa a la aspirina?

Resultado: el pH ya es mayor que el pK_a $\rightarrow$ se empieza a cargar $\rightarrow$ absorción lenta (amarillo).

3. Conclusión: el por qué de las cubiertas entéricas (10 min). Termina la clase explicando por qué algunas pastillas tienen un recubrimiento entérico: "para que no se disuelvan en el estómago (ácido) y esperen a llegar al intestino (básico)". Esto conecta directamente con lo que verán en las cajas de medicamentos en el laboratorio.

4.2.2. Fase 2: Investigación y Casos Clínicos (Sesiones 4-6)

Sesión 4: *El botiquín a examen*

El objetivo es que el alumnado aprenda a localizar el pKa de un fármaco en fuentes fiables y sea capaz de predecir su comportamiento antes de entrar al laboratorio. Esta sesión se desarrolla en tres actividades:

1. Introducción: ¿Qué buscamos en el prospecto? (10 min). El docente reparte cajas vacías de medicamentos o fichas técnicas. Se plantea un problema: "si mañana vamos al laboratorio, ¿cómo sabemos si este fármaco se va a disolver en nuestro estómago artificial o no?".

Se explica que en el prospecto no suele venir el pKa, por lo que debemos acudir a bases de datos profesionales (como la de la AEMPS o DrugBank).

2. Actividad de Investigación: "Caza del pKa" (25 min). En sus grupos cooperativos, los alumnos deben completar una tabla de investigación. Se les asignan 3 fármacos tipo para que busquen su pKa y su naturaleza:

- Fármaco 1: ácido acetilsalicílico (aspirina) -> ácido débil (pKa≈ 3.5).
- Fármaco 2: ibuprofeno -> ácido débil (pKa≈ 4.5).
- Fármaco 3: un alcaloide o base como la cafeína -> Base débil (pKa≈ 8.0).

3. Aplicación de la "Regla de Oro" (15 min). Utilizando los datos obtenidos, los alumnos deben completar la predicción en su cuaderno:

"Si la aspirina tiene un pKa de 3.5 y el estómago un pH de 2, ¿estará cargada (ionizada) o neutra?".

Conclusión esperada: "como el pH es menor que el pKa, está neutra, por lo que se encontrará en mayor proporción en forma no ionizada, lo que

favorece potencialmente su paso a través de membranas lipídicas por difusión pasiva"

Sesión 5: El efecto "protector gástrico"

Esta sesión consta de cuatro actividades y su objetivo es que el alumno comprenda cómo una intervención farmacológica (omeprazol) altera el equilibrio químico del cuerpo y, por tanto, la eficacia de otros medicamentos.

1. El Conflicto Cognitivo: El paciente que no mejora (10 min). Se retoma el caso de la Sesión 1 con datos técnicos:

Escenario: un paciente toma aspirina ($pK_a \approx 3.5$) para el dolor. Teme que le duela el estómago y toma omeprazol.

Efecto del omeprazol: eleva el pH gástrico de 2 a 5 (lo hace menos ácido).

Pregunta: "si el pH ahora es 5 y el pK_a de la aspirina es 3.5. ¿seguirá absorbiéndose igual en el estómago?"

2. Aplicación de la Lógica Química (20 min). Los grupos deben comparar dos situaciones usando su "Semáforo de Absorción":

Situación A (normal): $pH\ 2 < pK_a\ 3.5 \rightarrow$ ácido en medio más ácido $\rightarrow$ forma no ionizada (pasa a la sangre).

Situación B (con protector): $pH\ 5 > pK_a\ 3.5 \rightarrow$ el medio es más básico que el fármaco $\rightarrow$ forma ionizada (se carga eléctricamente y aumenta su fracción ionizada, lo que reduce su capacidad de atravesar membranas lipídicas por difusión pasiva en el estómago).

3. Debate: ¿"es siempre bueno el "protector"? (10 min). Se abre una discusión sobre la importancia del consejo sanitario:

¿Qué pasa si el fármaco necesita ser absorbido rápidamente?

¿Por qué algunos medicamentos se indican "tomar en ayunas" o "no tomar con antiácidos"?

4. Preparación del laboratorio (10 min). Para la próxima sesión, cada grupo debe decidir qué pH van a simular.

- Grupo 1 simulará un estómago sano (pH 2).
- Grupo 2 simulará un estómago con protector (pH 5).

Así, en el laboratorio, podrán comparar resultados reales.

Sesión 6: *Diseño del Protocolo Experimental*

El objetivo es que cada grupo elabore su propio guion de prácticas que seguirá en el laboratorio, definiendo variables, materiales y medidas de seguridad. Esta sesión se desarrolla en tres actividades.

1. Estructura de un Protocolo Profesional (10 min). El docente explica que en un laboratorio clínico no se improvisa. Todo debe estar perfectamente guiado a través de Procedimientos Normalizados de Trabajo (PNTs). Se les entrega una estructura vacía que deben rellenar:

Objetivo: ¿qué se quiere demostrar? (ej.: "cómo influye el pH en la solubilidad de la aspirina").

Materiales: vasos de precipitados, varillas, agitadores, termómetros.

Reactivos: pastillas, agua destilada, ácido clorhídrico diluido para simular el estómago, bicarbonato para el intestino.

2. Trabajo en equipo: "Elaboración del PNT" (30 min). Los alumnos, usando los datos de las Sesiones 4 y 5, redactan su plan de acción. Deben responder a:

Variable independiente: el pH del medio (pH 2 vs pH 8).

Variable dependiente: el tiempo de disolución o la cantidad de precipitado observado.

Control de seguridad: uso de bata, guantes y gafas.

3. Revisión (10 min). El docente pasa por las mesas revisando los protocolos.

Importante: solo los grupos que tengan el protocolo validado y firmado por el "Director del Laboratorio" (el profesor) podrán entrar al laboratorio en la sesión 7.

4.2.3. Fase 3: El Laboratorio Experimental (Sesiones 7-9)

Sesión 7: Preparación de "Órganos Artificiales"

Esta sesión con tres actividades tiene el objetivo de que los alumnos preparen por grupos las disoluciones amortiguadoras (tampones) o soluciones ajustadas de pH que usarán para los ensayos de solubilidad.

1. Breve introducción técnica (10 min). El docente explica que para simular el cuerpo no basta con agua. Necesitamos recrear la acidez del estómago y la neutralidad/basicidad del intestino.

Se explican los cálculos básicos de molaridad o dilución necesarios.

Seguridad: recordatorio obligatorio del uso de EPIs (bata, guantes y gafas) al manipular ácidos (como el HCl) o bases (como el NaOH o bicarbonato).

2. Ejecución en el laboratorio (30 min). Los grupos se dividen las tareas según el PNT que diseñaron en la sesión 6:

Grupo A (simulación estómago): preparan una disolución de ácido clorhídrico (HCl) diluido hasta alcanzar un pH entre 1.5 y 2.

Grupo B (simulación intestino): preparan una disolución de bicarbonato sódico o tampón fosfato para alcanzar un pH entre 7 y 8.

Verificación: cada grupo debe comprobar su resultado usando el pH-metro para calibrar exactamente su "órgano artificial".

3. Etiquetado y almacenamiento (10 min). Según las normas de buena práctica de laboratorio (BPL), los alumnos deben etiquetar sus vasos: nombre de la sustancia, pH, fecha y grupo.

Se dejan preparadas y almacenadas para la sesión 8.

Sesión 8: *Ensayo de Solubilidad y Precipitación*

El objetivo es observar físicamente cómo el pH del medio afecta a la integridad y solubilidad de un fármaco según su pKa. Esta sesión se desarrolla en tres actividades.

1. Preparación del ensayo (10 min). Los grupos recuperan sus "órganos artificiales" preparados en la sesión anterior (grupo A: pH 1.5-2 / grupo B: pH 7-8).

Se preparan las muestras de fármacos (ej. aspirina e ibuprofeno). Para que sea más rápido, se pueden triturar ligeramente en un mortero para aumentar la superficie de contacto.

2. Ejecución: El experimento (25 min). Cada grupo realiza la comparativa en paralelo:

Prueba 1: echan la misma cantidad de fármaco (ácido débil) en el medio ácido (pH 2) y en el medio básico (pH 8).

Observación:

En pH 2 (estómago): un ácido débil se encuentra mayoritariamente en forma no ionizada, menos hidrosoluble y relativamente más liposoluble. Esta situación puede favorecer su permeabilidad a través de membranas, aunque la absorción real dependerá también de que exista suficiente fármaco disuelto disponible.

En pH 8 (intestino): al ionizarse, se vuelve muy hidrosoluble y se disuelve rápidamente.

Cronometraje: los alumnos miden cuánto tarda en desaparecer visualmente el sólido en cada medio.

3. Registro fotográfico y comparativa (15 min). Evidencia: los alumnos deben hacer fotos de los vasos. Estas fotos son obligatorias para el póster final.

Pregunta asociada y reflexión: si se ha disuelto totalmente en el medio básico, ¿creéis que podrá atravesar una pared de grasa (membrana) o se quedará disuelto en el líquido?

Sesión 9: *Análisis de Evidencias y Control de Errores*

Esta sesión, con tres actividades, tiene como objetivo procesar los datos obtenidos en la sesión anterior, contrastarlos con las hipótesis iniciales y discutir las posibles fuentes de error experimental.

1. Consolidación de resultados (15 min). Los grupos revisan las fotos y las notas de la Sesión 8. Deben transformar sus observaciones cualitativas en una conclusión técnica.

Pregunta clave: ¿coincide la solubilidad observada con lo que predijimos usando el pKa del fármaco?

Se comparan los resultados entre grupos. Si el Grupo 1 usó aspirina y el Grupo 2 ibuprofeno, ¿se han comportado igual ante el cambio de pH?

2. El "Seminario de Errores" (20 min). En ciencia, un resultado negativo o inesperado es un resultado válido. El docente guía una discusión sobre qué factores han podido influir:

Tª: ¿estaba el agua fría o del tiempo? ¿cómo afecta eso a la constante de solubilidad (K_s)?

Agitación: ¿se agitó igual en ambos vasos?

Excipientes: ¿ha influido el recubrimiento de la pastilla en el tiempo de disolución?

3. Introducción a la Fase Final (15 min). Se explica cómo deben organizar este material para la siguiente fase (la creación del póster).

Selección de las 2 mejores fotos (una del "antes" y otra del "después").

Redacción de una conclusión breve que relacione pH, pKa y absorción.

4.2.4. Fase 4: Elaboración y Cierre (Sesiones 10-12)

Sesión 10: *Taller de Diseño y Estructura*

El objetivo es organizar toda la información recogida (investigación, pKa, fotos del laboratorio) en un formato visual. Esta sesión se desarrolla en dos actividades.

1. Estructura del póster (10 min). El docente explica cómo se comunica la ciencia visualmente. Un buen póster de laboratorio debe tener:

- Título impactante.
- Fundamento: breve explicación de la relación pH/pKa.
- Evidencia experimental: las fotos de los vasos de la Sesión 8.
- Conclusión práctica: recomendación para el técnico (ej: "No administrar con antiácidos").

2. Creación digital (40 min). Los alumnos utilizan herramientas como Canva o PowerPoint.

Tarea del grupo: seleccionar las mejores fotos, redactar el pie de foto técnico y diseñar la gráfica de ionización que explique por qué ocurrió lo que vieron en el laboratorio.

El profesor debe tutorizar cada grupo, asegurándose de que no usen un lenguaje demasiado coloquial y que los datos de pKa sean correctos.

Sesión 11: *Finalización*

Esta es la sesión para asegurarse que el producto tiene la calidad que se espera de un técnico superior y se realizan dos actividades dentro de ella.

1. Revisión por pares (20 min). Dinámica: el Grupo A mira el borrador del Grupo B.

Objetivo: ¿se entiende el mensaje? ¿se ven bien las fotos? ¿hay faltas de ortografía en los nombres de los principios activos?

2. Cierre del producto (30 min). Los grupos integran las correcciones. Se genera el archivo final y se envía al repositorio online.

El docente da las instrucciones para la exposición de la Sesión 12.

Sesión 12: Exposición: Congreso científico del laboratorio

Esta es una sesión que se desarrolla en tres actividades y cuyo objetivo es que los alumnos presenten sus pósteres, defiendan sus conclusiones y realicen una reflexión final sobre la importancia del pH en la práctica clínica.

1. Exposición de pósteres (25 min). Dinámica: los pósteres se proyectan o se cuelgan en el aula.

Un portavoz de cada grupo explica en 3 minutos:

- El fármaco elegido y su pKa.
- Lo que observaron en el laboratorio (comparativa pH 2 vs pH 8).
- La recomendación práctica: ¿qué le dirías a un paciente que toma este fármaco sobre el uso de protectores gástricos?

2. Coevaluación y retroalimentación (*feedback*) (15 min). Cada alumno recibe una rúbrica de coevaluación simplificada (Anexo II) para puntuar el trabajo de los otros grupos.

Esto fomenta el espíritu crítico y el respeto profesional. Se valoran la claridad visual, el rigor científico y la capacidad de respuesta.

3. Reflexión final y cierre (10 min). El docente retoma la pregunta de la Sesión

1: *¿por qué no le hacía efecto la pastilla al paciente con acidez?*

Los alumnos ahora responden con propiedad técnica: porque el aumento del pH por el protector ionizó el fármaco, atrapándolo en el estómago e impidiendo su absorción.

4.3. Recursos

Para garantizar la viabilidad del proyecto de innovación, se requiere tener a disposición una serie de recursos que garanticen tanto el rigor científico de las prácticas de laboratorio, como la eficacia de las sesiones.

4.3.1. Recursos personales

Serán necesarios los siguientes recursos personales:

- ✓ Docente: actúa como facilitador del aprendizaje y supervisor técnico. Su rol incluye la gestión de reactivos, la garantía de la seguridad en el laboratorio y la guía en la resolución de los casos clínicos.
- ✓ Alumnado: protagonista activo del proyecto, organizado en equipos de trabajo cooperativo de 3 o 4 personas, asumiendo roles de responsabilidad compartida en la ejecución de los protocolos.

4.3.2. Recursos materiales

En relación a los recursos materiales, se precisará de:

- ✓ Equipamiento y reactivos de laboratorio: pH-metros de mesa, balanzas de precisión, agitadores magnéticos y material de vidrio volumétrico (matraces, pipetas). Como reactivos se emplearán HCl, bicarbonato de sodio, agua destilada y muestras farmacológicas reales (ácido acetilsalicílico, ibuprofeno y omeprazol).
- ✓ Recursos digitales y didácticos: conexión a internet para el acceso a las fichas técnicas de la AEMPS y BotPlus, así como herramientas de edición (tipo Canva) para el producto final y la plataforma Moodle para el seguimiento del proyecto. Se incluyen aquí los materiales originales diseñados (Anexos I y IV).

- ✓ Equipos de Protección Individual (EPI): uso obligatorio de batas, guantes de nitrilo y gafas de seguridad, además del acceso a las Fichas de Datos de Seguridad (FDS) de cada sustancia.

4.3.3. Recursos Espaciales

Para llevar a cabo el proyecto, se precisará de los siguientes recursos espaciales:

- ✓ Aula polivalente: espacio destinado a las fases de investigación, debate grupal y diseño del informe final. Debe contar con medios audiovisuales y conectividad.
- ✓ Laboratorio de química: espacio principal para la fase experimental. Este espacio debe cumplir con la normativa vigente en cuanto a sistemas de extracción, duchas de seguridad, lavajos y protocolos de gestión de residuos biológicos y químicos.

5. EVALUACIÓN

Una vez definidos los objetivos de la propuesta y detallada la metodología de intervención en apartados anteriores, procede ahora explicar cómo se evaluará la eficacia real de este proyecto de innovación didáctica. Si esta propuesta se aplicara en el aula, sería necesario comprobar no solo si el alumnado ha adquirido los conocimientos, sino fundamentalmente si el diseño del proyecto ha conseguido mejorar de forma significativa la comprensión del equilibrio ácido-base y su aplicación al ámbito sanitario, tal como plantea el objetivo general.

La evaluación se concibe, por tanto, como un proceso doble. Por un lado, se valorará el grado de consecución de los objetivos de aprendizaje por parte del alumnado; por otro, se analizará la calidad y viabilidad de la propia propuesta de innovación. Se utilizará una combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas que permitan triangular la información y obtener una visión completa del impacto de la intervención.

5.1. Evaluación del cumplimiento de los objetivos del proyecto

Para comprobar el grado de cumplimiento de los objetivos previstos se evaluará conforme a los siguientes criterios e instrumentos (tabla 2).

El instrumento central para medir la evolución del aprendizaje conceptual será un cuestionario pre y post-intervención (Anexo III) formado por siete ítems de opción múltiple. La comparación de los resultados antes y después de la intervención permitirá cuantificar la ganancia de aprendizaje y verificar si se ha producido una mejora significativa en la comprensión de la relación entre pH, pKa e ionización de fármacos.

Además, se emplearán rúbricas analíticas, tanto para evaluar el proceso en el laboratorio como el póster. Estas rúbricas facilitan la coevaluación y la autoevaluación, fomentando la reflexión del alumnado sobre su propio aprendizaje, algo especialmente coherente con el ABP.

Tabla 2. Evaluación del grado de cumplimiento de los objetivos específicos

Objetivo específico	Criterios de evaluación	Instrumento de evaluación	Momento
OE 1 Fomentar el aprendizaje significativo de los conceptos pH y pKa mediante materiales visuales originales	Correcta identificación de los rangos de pH en los compartimentos fisiológicos y uso adecuado de las analogías y materiales visuales.	Mapa del pH corporal (Anexo I) y cuestionario pre/post (Anexo III).	Sesión 1 y 12
OE 2 Incrementar la motivación del alumnado a través de retos profesionales y casos clínicos	Capacidad para relacionar el pKa de un fármaco con su estado de ionización y su comportamiento en diferentes medios fisiológicos.	Ficha de investigación farmacológica (Anexo IV) y preguntas de aplicación clínica del cuestionario.	Sesión 4 y 12
OE 3 Desarrollar la autonomía y el pensamiento crítico en el laboratorio	Precisión en la preparación de disoluciones, ejecución de protocolos (PNTs), registro de datos y control de variables.	Rúbrica de desempeño técnico en el laboratorio (Anexo V) + observación directa.	Sesiones 7-9
OE 4 Promover el trabajo colaborativo mediante la resolución grupal del proyecto	Calidad del póster, rigor en las explicaciones y capacidad para defender las conclusiones.	Rúbrica de coevaluación del póster científico (Anexo II) y sesión de exposición y coevaluación.	Sesiones 10-12

Nota: esta tabla muestra la alineación directa entre los objetivos específicos, los criterios de evaluación y los instrumentos diseñados para medir su consecución.

Fuente: Elaboración propia, 2026.

5.2. Evaluación de la calidad y viabilidad de la propuesta de innovación

Además de valorar los resultados en el alumnado, es necesario analizar si el diseño metodológico ha sido adecuado y si la propuesta resulta viable en el contexto real de un CFGS de Técnico de Laboratorio Clínico y Biomédico.

Para ello se evaluarán aspectos como la pertinencia de la metodología, la coherencia de la secuencia didáctica, la utilidad de los recursos innovadores (mapa anatómico, analogía de la “mochila”, etc.) y el grado de motivación generado (tabla 3).

Tabla 3. Evaluación de la eficacia del diseño de la propuesta

Dimensión	Criterios de evaluación	Instrumento de evaluación
Pertinencia metodológica	Grado de idoneidad del ABP y de la contextualización clínica para el perfil del alumnado de FP.	Encuesta de satisfacción del alumnado al finalizar el proyecto.
Coherencia de la secuencia didáctica	Fluidez en la transición entre las fases teóricas, de investigación y experimentales.	Diario de clase del docente.
Calidad de los recursos innovadores	Efectividad de las analogías y materiales visuales para reducir la abstracción de los conceptos.	Preguntas específicas dentro de la encuesta de valoración de materiales.
Impacto global e innovación	Utilidad percibida del proyecto y del producto final (póster) como herramienta educativa.	Valoración cualitativa del póster y retroalimentación del departamento.

Nota: esta tabla recoge los principales criterios para analizar la calidad y viabilidad de la propuesta de innovación didáctica.

Fuente: Elaboración propia, 2026.

Durante todo el desarrollo del proyecto se llevará un diario de clase donde se registrarán observaciones sobre el nivel de implicación del alumnado, las dificultades encontradas y el funcionamiento de las distintas fases. Esta información cualitativa será muy valiosa para identificar fortalezas y posibles ajustes necesarios en futuras aplicaciones.

En resumen, este sistema de evaluación mixto (cuantitativo y cualitativo) permitirá determinar si la propuesta ha conseguido transformar un contenido tradicionalmente abstracto y poco motivador, como el equilibrio ácido-base, en un aprendizaje significativo y directamente conectado con la práctica profesional del técnico en laboratorio clínico y biomédico. Los resultados obtenidos no solo servirán para calificar al alumnado, sino sobre todo para validar o mejorar esta innovación didáctica.

6. REFLEXIÓN Y VALORACIÓN FINAL

6.1. Alcance y beneficios de la propuesta

La implementación de este proyecto de innovación nace de la necesidad de dar respuesta a una problemática persistente en el CFGS de Laboratorio Clínico y Biomédico, la brecha existente entre los conceptos teóricos de la química analítica y su aplicación práctica en el entorno sanitario.

Una de las principales virtudes de esta propuesta es su enfoque contextualizado. Al utilizar el equilibrio ácido-base no como un fin en sí mismo, sino como una herramienta para comprender la biodisponibilidad de un fármaco, se consigue que el aprendizaje sea significativo. El beneficio inmediato para el alumno es la adquisición de una mirada clínica; ya no solo mide un pH en un vaso de precipitados, sino que interpreta cómo ese valor condiciona el éxito o fracaso de un tratamiento farmacológico.

Además, la metodología de ABP fomenta el desarrollo de competencias transversales esenciales en el técnico de laboratorio, como el pensamiento crítico, la capacidad de investigación autónoma y la comunicación científica, esta última a través de la realización del póster final.

6.2. Carácter innovador

Lo que realmente diferencia a este trabajo de las unidades didácticas tradicionales es la transposición didáctica (Chevallard, 1991). Mientras que los modelos convencionales suelen basarse en prácticas establecidas y repetitivas, esta propuesta introduce elementos disruptivos.

Por ejemplo, la analogía de "la molécula con mochila", transforma la ecuación compleja de Henderson-Hasselbalch en un modelo visual y narrativo que facilita la retención a largo plazo.

El uso de fármacos reales, ácido acetilsalicílico, omeprazol, etc., también saca la química del entorno del laboratorio escolar y la traslada al mundo profesional y cotidiano.

Además, la evaluación a través de la utilización de instrumentos como rúbricas de coevaluación y cuestionarios pre/post intervención permite que el alumno sea consciente de su propio progreso, algo poco frecuente en las enseñanzas técnicas tradicionales.

6.3. Viabilidad económica y sostenibilidad

Un punto crítico para la implementación de cualquier innovación en el sistema público es el coste. Esta propuesta presenta una viabilidad económica excelente, ya que aprovecha recursos existentes como la utilización de material fungible y equipos (pH-metros, balanzas) que suelen estar presentes en cualquier laboratorio de un centro de FP. También se utilizan reactivos (HCl, bicarbonato, indicadores) de bajo coste, así como fármacos comerciales baratos.

Por otra parte, al integrar un Procedimiento Normalizado de Trabajo (PNT) específico de gestión de residuos, el proyecto no solo es barato de implementar, sino que educa en la responsabilidad ambiental, cumpliendo con los estándares de calidad actuales y ayudando a cumplir con el ámbito de la sostenibilidad.

6.4. Extrapolación a otros contextos educativos

Aunque el proyecto se ha diseñado para 1º de Técnico Superior de Laboratorio Clínico, su estructura es altamente extrapolable. Otros ciclos de FP, como el de Anatomía Patológica o el de Farmacia y Parafarmacia, podrían desarrollar este proyecto. También podría adaptarse para la asignatura de Química de 2º de Bachillerato, dotando de un sentido práctico al bloque de ácido-base, que suele ser puramente matemático.

Al no requerir infraestructuras especiales más allá de un laboratorio básico, cualquier centro educativo de Secundaria o Formación Profesional podría ponerlo en marcha.

6.5. Limitaciones y propuestas de mejora

La principal limitación identificada es la sobrecarga docente, debido a la ausencia de un técnico de apoyo. Esto requiere una planificación exhaustiva y una fase de preparación previa muy intensa por parte del profesor. Como mejora, se propone la creación de un repositorio digital de resultados donde los alumnos de diferentes promociones puedan comparar sus gráficas de solubilidad, creando una base de datos histórica del centro.

6.6. Valoración del impacto en la práctica docente

A nivel personal, este TFM ha supuesto una ruptura con el modelo de enseñanza tradicional de transmisión-recepción. Me ha permitido entender que para que un alumno de FP sea un buen técnico, primero debe ser un investigador de su propia práctica. La materia de química no debe enseñarse como una asignatura aislada, sino como una herramienta de decisión clínica que el alumno trasladará de forma directa tanto a su vida diaria, como a su futuro entorno laboral.

7. REFERENCIAS

- Anijovich, R., & Cappelletti, G. (2017). *La evaluación como oportunidad*. Paidós.
- Arias-Gundín, O., Fidalgo, R., & García, J. N. (2008). El desarrollo de las competencias transversales en magisterio mediante el aprendizaje basado en problemas y el método de caso. *Revista De Investigación Educativa*, 26(2), 431–444.
- Ausubel, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Springer Science & Business Media.
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- Black, P. & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31. <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5>
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3–4), 369–398. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>
- Bruner, J. S. (1976). *The process of education*. Harvard University Press.
- Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (69), 21-34.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado*. Aique.
- García-Valcárcel, A. & Basilotta, V. (2017). Aprendizaje basado en proyectos (ABP): Evaluación desde la perspectiva de alumnos de Educación Primaria. *Revista de Investigación Educativa*, 35(1), 113–131. <https://doi.org/10.6018/rie.35.1.246811>

Referencias

- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- Gil-Pérez, D., & Vilches, A. (2004). La formación del profesorado de ciencias de secundaria y de universidad: La necesaria superación de algunos mitos y tópicos. *Educación Química*, 15(4), 350–358.
- Helle, L., Tynjälä, P. & Olkinuora, E. (2006). Project-based learning in post-secondary education: Theory, practice and rubber ducking. *Higher Education*, 51, 287–314.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Mayer, R. E. & Fiorella L, (Eds.) (2021). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. 3rd ed. Cambridge University Press.
- Panadero, E., & Jonsson, A. (2013). The use of scoring rubrics for formative assessment purposes revisited: A review. *Educational Research Review*, 9, 129-144. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.002>
- Prince M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Editorial Síntesis.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. Autodesk Foundation.
- Trujillo, F. (2015). *Aprendizaje basado en proyectos: Infantil, Primaria y Secundaria*. Ministerio de Educación.

- Zabalza, M. A. (2011). El prácticum en la formación universitaria: Estado de la cuestión. *Revista de Educación*, (354), 21–43.
- Ziv, A., Ben-David, S., & Ziv, M. (2005). Simulation Based Medical Education: an opportunity to learn from errors. *Medical Teacher*, 27(3), 193–199. <https://doi.org/10.1080/01421590500126718>
- Ziv, A., Wolpe, P. R., Small, S. D., & Glick, S. (2003). Simulation-based medical education: An ethical imperative. *Academic Medicine*, 78(8), 783–788. <https://doi.org/10.1097/00001888-200308000-00006>

8. ANEXOS

8.1. Anexo I. Mapa anatómico de compartimentos de pH

Objetivo de la actividad:

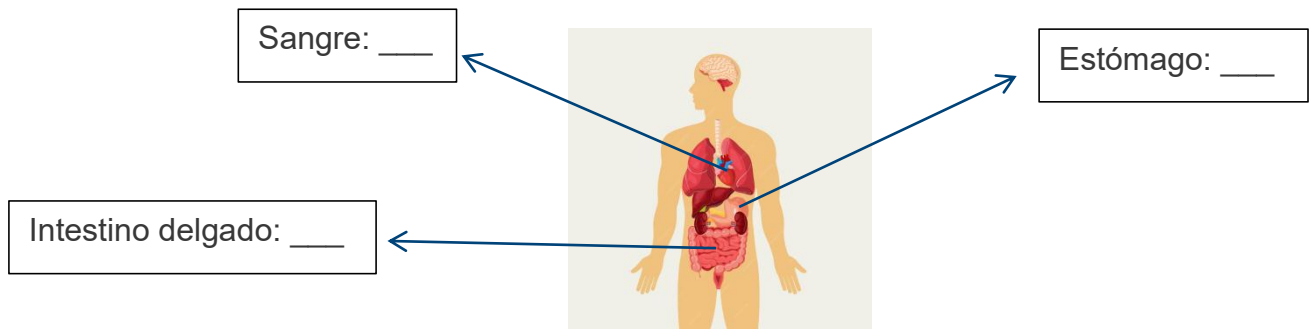
Investigar y registrar los valores de pH fisiológico de los principales órganos implicados en la administración y distribución de fármacos por vía oral.

Instrucciones:

Busca en fuentes bibliográficas fiables el rango de pH normal de los órganos señalados.

Escribe el valor o rango de pH en el recuadro correspondiente.

Mapa de pH fisiológico



8.2. Anexo II. Rúbrica de coevaluación del póster científico

Tabla 4. Rúbrica de coevaluación del póster científico

Criterio de evaluación	Excelente (3 pts)	Adecuado (2 pts)	Mejorable (1 pt)	Puntuación
Rigor Científico	Relaciona correctamente el pH con el pKa y explica la solubilidad observada sin errores.	Explica la solubilidad, pero hay imprecisiones menores en el uso del concepto pKa.	No menciona el pKa o comete errores graves en la explicación de la solubilidad.	
Fotos	Las fotos son nítidas, están rotuladas y muestran claramente la diferencia entre pH 2 y pH 8.	Hay fotos de los ensayos, pero la calidad o el rotulado es insuficiente.	No hay fotos o no se aprecia ninguna diferencia experimental.	
Claridad y diseño	El póster es visualmente atractivo, está organizado y se lee fácilmente a distancia	La información está completa pero el diseño es desordenado o difícil de seguir.	El póster está saturado de texto, es confuso o visualmente pobre.	
Conclusión clínica	Responde con claridad con una recomendación profesional	La conclusión es correcta pero no termina de responder a la pregunta inicial	La conclusión errónea o no aporta una recomendación técnica.	

Fuente: Elaboración propia. 2026.

8.3. Anexo III. Cuestionario de evaluación (Pre/Post-intervención)

Instrucciones: lee detenidamente cada pregunta y marca la opción que consideres correcta. Este cuestionario busca medir el nivel de conocimiento sobre la relación entre pH, pKa y absorción de fármacos.

- Bloque I: El medio biológico (pH)

1. ¿Cuál es el rango de pH aproximado del jugo gástrico en condiciones normales?

a) 1.5 - 2.5

b) 4.0 - 5.5

c) 7.0 - 8.0

2. ¿Cómo afecta el uso crónico de protectores gástricos (omeprazol) al pH gástrico?

a) Lo disminuye (lo hace más ácido).

b) Lo aumenta (lo hace más básico).

c) No produce ningún cambio significativo.

- Bloque II: Química del fármaco (pKa e Ionización)

3. El pKa de un fármaco se define como el valor de pH en el cual:

a) El 100% del fármaco está ionizado.

b) El 50% del fármaco está ionizado y el 50% no ionizado.

c) El fármaco se vuelve totalmente insoluble.

4. Según la "Regla de Oro", un fármaco de naturaleza ácida estará mayoritariamente no ionizado (libre) cuando:

a) El pH del medio sea inferior a su pKa (Medio Ácido).

b) El pH del medio sea superior a su pKa (Medio Básico).

c) El pH del medio sea neutro (7.0).

- Bloque III: Solubilidad y Absorción

5. Para que un fármaco atraviese eficazmente las membranas lipídicas del estómago o intestino, ¿en qué estado debe encontrarse preferentemente?

- a) Ionizado (con carga eléctrica).
- b) No ionizado (liposoluble).
- c) Precipitado en forma de cristales.

6. Si un fármaco ácido se encuentra en un medio con pH muy básico, ¿qué sucederá con su solubilidad en agua?

- a) Aumentará considerablemente debido a su alta ionización.
- b) Disminuirá, tendiendo a precipitar.
- c) Se mantendrá igual, ya que el pH no afecta a la solubilidad.

- Bloque IV: Aplicación clínica

7. ¿Por qué la absorción de un fármaco ácido (como la aspirina) puede verse reducida si se toma simultáneamente con un antiácido?

- a) Porque el antiácido destruye químicamente la molécula del fármaco.
- b) Porque el aumento de pH favorece la ionización del fármaco, impidiendo que atraviese la membrana gástrica.
- c) Porque el antiácido acelera demasiado el vaciamiento gástrico.

8.4. Anexo IV. Ficha de investigación farmacológica

1. Identificación del fármaco

Nombre comercial: _____

Principio activo: _____

Grupo Terapéutico (ATC): _____

Forma farmacéutica (comprimido, cápsula, etc.): _____

2. Parámetros químicos (búsqueda en AEMPS / DrugBank)

Naturaleza química: ☐ Ácido débil / ☐ Base débil

Valor de pKa: _____ (indicar fuente consultada: _____)

Estructura química (Imagen o dibujo):

3. Predicción de ionización

Basándote en el pKa del fármaco, predice su estado en los diferentes órganos:

Órgano / Medio	pH medio	¿Predomina la forma ionizada o no ionizada?	¿Es soluble en este medio? (Sí/No)
Estómago	2.0		
Intestino	8.0		
Sangre	7.4		

4. Análisis de la ficha técnica (AEMPS)

Indicaciones principales:

Advertencias sobre el pH: (¿dice algo sobre no tomar con antiácidos o alimentos?)

5. Hipótesis experimental (para la Sesión 8)

"Según nuestra investigación, cuando introduzcamos el fármaco en el vaso de pH _____ (estómago simulado), esperamos observar que: _____"

8.5. Anexo V. Rúbrica de evaluación del desempeño en el laboratorio

Esta rúbrica se utilizará para evaluar el desempeño técnico del alumnado durante las sesiones prácticas de laboratorio (Sesiones 7-9). Valora tanto el cumplimiento de las normas de seguridad y procedimientos como la calidad del trabajo realizado.

Tabla 5. Rúbrica de desempeño técnico en el laboratorio.

Criterio de evaluación	Excelente (3 pts)	Adecuado (2 pts)	Mejorable (1 pt)	Pts
Uso de EPIs y seguridad	Usa correctamente bata, guantes y gafas en todo momento. Mantiene el orden y respeta las normas de seguridad.	Usa los EPIs, aunque comete algún descuido menor.	No utiliza algún EPIs obligatorio o realiza prácticas de riesgo.	
Manejo de equipos e instrumental	Maneja el pH-metro y el material de vidrio con precisión, calibra correctamente y limpia el equipo al finalizar.	Maneja el equipo de forma correcta, aunque requiere alguna corrección.	Maneja el equipo de forma inadecuada o comete errores significativos.	
Preparación de disoluciones y seguimiento del PNT	Prepara las disoluciones con precisión, sigue el protocolo elaborado y etiqueta correctamente los recipientes.	Prepara las disoluciones con resultados aceptables, aunque con imprecisiones.	Comete errores importantes en cálculos o preparando disoluciones.	
Registro de datos y reflexiones	Registra de forma ordenada y completa todos los datos y observaciones realizadas.	Registra los datos principales, de forma incompleta.	Apenas registra datos o lo hace de forma muy deficiente.	
Gestión de residuos y limpieza del puesto de trabajo	Clasifica y gestiona correctamente los residuos químicos. Deja el puesto de trabajo limpio y ordenado.	Gestiona los residuos de forma correcta tras ser recordado.	No separa los residuos correctamente e o deja el espacio desordenado.	
Puntuación total: <u> </u> /15 pts				

Nota: esta rúbrica evalúa el desempeño práctico del alumnado durante la fase experimental del proyecto.

Fuente: Elaboración propia. 2026.