



Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y
Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.

Especialidad de Biología y Geología

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MÁSTER 2024/2025

La Inteligencia Artificial en la enseñanza de
la Biología y Geología

Alumna: Claudia Cimas Domínguez

Tutora: Sandra Laso Salvador

Resumen

El presente Trabajo Fin de Máster aborda el diseño, implementación y evaluación de un tutor virtual (“DigesTutor”) basado en inteligencia artificial como complemento a la enseñanza del aparato digestivo en la asignatura de Anatomía Aplicada de 1º de Bachillerato. Partiendo de una revisión sobre el estado de la IA en educación y de la identificación de las principales barreras que afrontan los estudiantes en dicha asignatura, se establecen los requisitos de una herramienta que responda a sus necesidades y preferencias de aprendizaje.

El impacto de “DigesTutor” se analizó mediante un diseño cuasi-experimental de tipo pre-post. Los alumnos completaron un cuestionario previo para evaluar sus expectativas, su nivel de motivación y comprensión del tema, así como las dificultades detectadas. Tras un periodo de uso libre del tutor en casa, se aplicó un cuestionario final. Los resultados evidenciaron que, después de interactuar con la herramienta, la motivación y la comprensión del aparato digestivo aumentaron de forma clara, lo que demuestra que el recurso refuerza el interés y facilita el aprendizaje de conceptos complejos.

En definitiva, el proyecto demuestra que un tutor virtual basado en inteligencia artificial puede reforzar el aprendizaje del aparato digestivo, mejorar la experiencia de estudio, favorecer la autonomía del alumno y complementar de manera efectiva las explicaciones del aula. Asimismo, la herramienta mostró capacidad para adaptarse a distintos ritmos y estilos de aprendizaje, ofreciendo retroalimentación inmediata y recursos interactivos que facilitan la asimilación de conceptos complejos. En conjunto, se concluye que un tutor virtual basado en IA puede complementar eficazmente la enseñanza presencial, favorecer la personalización del aprendizaje y estimular el interés por contenidos complejos, con un notable potencial para ser aplicado a otras unidades y materias.

Palabras clave: tutor virtual, inteligencia artificial, Anatomía Aplicada, Bachillerato, motivación, comprensión.

Abstract

This TFM addresses the design, implementation, and evaluation of a virtual tutor (“DigesTutor”) based on artificial intelligence as a complement to teaching the digestive system in the Applied Anatomy course for 1st of baccalaureate. Based on a review of the state of AI in education and an identification of the main barriers that students face in this subject, the requirements were established for a tool that responds to their needs and learning preferences.

The impact of “DigesTutor” was analyzed using a pre–post quasi-experimental design. Students completed an initial questionnaire to evaluate their expectations, their levels of motivation and comprehension of the topic, and the difficulties they had encountered. After a period of free use of the tutor at home, a final questionnaire was administered. The results showed that, after interacting with the tool, both motivation and understanding of the digestive system increased noticeably, demonstrating that the resource reinforces engagement and facilitates the learning of complex concepts.

In short, the project demonstrates that a virtual tutor based on artificial intelligence can strengthen learning of the digestive system, improve the study experience, foster student autonomy, and effectively complement classroom instruction. Furthermore, the tool showed an ability to adapt to different learning paces and styles by offering immediate feedback and interactive resources that aid in assimilating complex concepts. Overall, the conclusion is that an AI-based virtual tutor can effectively complement in-person teaching, promote personalized learning, and stimulate interest in complex content, with significant potential for application to other units and subjects.

Keywords: virtual tutor, artificial intelligence, Applied Anatomy, Baccalaureate, motivation, understanding.

Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	JUSTIFICACIÓN.....	2
3.	OBJETIVOS.....	4
4.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
4.1.	FUNDAMENTOS CONCEPTUALES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	6
4.1.1.	Definición de “Inteligencia Artificial” y su evolución.....	6
4.1.2.	Funcionamiento y tipologías de la inteligencia artificial.....	6
4.2.	LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN.....	8
4.2.1.	Aplicaciones de la IA en educación	8
4.2.2.	Personalización del aprendizaje mediante creación de un tutor virtual..	10
4.2.3.	Motivación y actitud del alumnado hacia la IA.....	11
4.3.	BENEFICIOS Y DESAFÍOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ENSEÑANZA	13
4.3.1.	El impacto de la IA: metodologías activas, rendimiento académico y comprensión conceptual	13
4.3.2.	Barreras y limitaciones del uso de la IA en educación.....	16
4.4.	INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN BIOLOGÍA	17
5.	DIFICULTADES DIDÁCTICAS EN LA ENSEÑANZA DEL APARATO DIGESTIVO EN ANATOMÍA APLICADA.....	20
6.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TUTOR VIRTUAL	22
6.1.	CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	22
6.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL TUTOR VIRTUAL	22
6.3.	FASES DEL DISEÑO DEL TUTOR VIRTUAL	29
6.4.	CARACTERÍSTICAS DEL TUTOR.....	33
6.4.1.	Características funcionales del tutor virtual	33
6.4.2.	Tipos de interacciones que permite el tutor virtual	34

6.4.3.	Lenguaje empleado por el tutor virtual en sus respuestas	35
6.5.	PRUEBA PILOTO Y AJUSTES NECESARIOS	36
6.6.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	38
6.6.1.	Tipo de estudio	38
6.6.2.	Instrumentos	38
6.6.3.	Procedimiento de aplicación.....	39
6.6.4.	Tratamiento y análisis de los datos.....	40
6.6.5.	Resultados obtenidos	40
6.6.6.	Consideraciones éticas y de confidencialidad	48
7.	CONCLUSIONES.....	49
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
9.	ANEXOS.....	56
9.1.	ANEXO I.....	56
9.2.	ANEXO II	59
9.3.	ANEXO III	61

Índice de Tablas

Tabla 1. Cambios en el rendimiento académico de los estudiantes en distintas materias antes y después de la implementación de herramientas de inteligencia artificial.	14
Tabla 2. Resultados de la encuesta realizada para evaluar la percepción de los estudiantes sobre el uso de herramientas de inteligencia artificial en su proceso de aprendizaje.....	15
Tabla 3. Correspondencia entre los objetivos específicos de tutor virtual y las competencias clave que se desarrollan al alcanzarlos.	24
Tabla 4. Alineación del tutor virtual con la adquisición de los contenidos del aparato digestivo, las competencias específicas, los criterios de evaluación y los descriptores operativos de la asignatura Anatomía Aplicada de 1º de Bachillerato recogidos en el currículo de la LOMLOE.	27
Tabla 5. Problemas detectados en la prueba piloto de “DigesTutor”, los ajustes realizados y el resultado esperado.	37

Índice de Figuras

Figura 1. Captura de pantalla de la configuración del tutor virtual “DigesTutor” en ChatGPT.....	32
Figura 2. Captura de pantalla de la vista dual que ofrece ChatGPT para crear, configurar y previsualizar el tutor virtual al mismo tiempo.....	36

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Principales dificultades que mostraron los alumnos en el test inicial respecto al estudio del aparato digestivo.	41
Gráfico 2. Formatos que utilizan los alumnos para estudiar en casa con su correspondiente frecuencia.....	42
Gráfico 3. Formato favorito por los alumnos para la explicación de los contenidos impartidos por el profesor.....	42
Gráfico 4. Respuestas del alumnado ante la posibilidad de complementar la enseñanza de clase de forma más atractiva y dinámica en casa.	43
Gráfico 5. Funcionalidades que los alumnos consideran que pueden ser de mayor utilidad en el tutor virtual.	44
Gráfico 6. Problemas y carencias que detectan los alumnos en la asignatura de Anatomía Aplicada.....	45
Gráfico 7. Recursos que los alumnos consideraron de mayor utilidad del tutor virtual.	46
Gráfico 8. Diferencias entre motivación y comprensión antes y después del uso del tutor virtual.....	47

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los avances tecnológicos han abierto nuevas oportunidades para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje en el ámbito de las ciencias de la salud. La adopción de herramientas basadas en inteligencia artificial (IA) se ha convertido en una tendencia al alza en contextos educativos, ya que estas tecnologías ofrecen soluciones innovadoras para atender la diversidad de estilos de aprendizaje, proporcionar retroalimentación inmediata y adaptar los contenidos a las necesidades individuales de cada estudiante (González-González, 2023). Este enfoque no solo favorece la mejora de la comprensión de conceptos complejos, sino también el desarrollo de habilidades transversales, entre las que destacan la competencia digital, el pensamiento crítico y la autonomía en el aprendizaje.

El estudio de la anatomía humana, y en especial del aparato digestivo, presenta retos (Giler-Medina et al., 2024) que suelen traducirse en una menor motivación del alumnado y en una comprensión superficial de los contenidos, lo que exige la creación de recursos didácticos más interactivos y accesibles. En este sentido, la IA generativa y los tutores virtuales se perfilan como alternativas especialmente prominentes, al combinar las ventajas del aprendizaje adaptativo con elementos lúdicos y visuales que refuerzan la retención de la información (Serrano & Moreno-García, 2024).

Se propone diseñar, implementar y evaluar un tutor virtual (“DigesTutor”) basado en IA, orientado a apoyar la enseñanza del aparato digestivo en 1º de Bachillerato. A través de un estudio cuasi-experimental, se analizará cómo esta herramienta complementa la enseñanza tradicional, mejora la motivación y facilita la asimilación de conceptos complejos.

Este trabajo comienza con la justificación del proyecto, donde se analizan los desafíos de la enseñanza de la anatomía y se expone la conveniencia de un tutor virtual; a continuación, se profundiza en el marco teórico sobre la inteligencia artificial en educación; seguidamente, se describe el proceso de diseño y puesta en marcha de “DigesTutor” y la metodología cuasi-experimental empleada para evaluar su impacto. Por último, se presentan los resultados obtenidos, su discusión pedagógica y las conclusiones con las limitaciones del estudio y las propuestas para futuras investigaciones.

2. JUSTIFICACIÓN

Durante el desarrollo de las prácticas docentes en la asignatura de Anatomía Aplicada de 1º de Bachillerato, se identificaron diversas barreras que dificultan el aprendizaje del aparato digestivo. Entre ellas destacan la complejidad de los términos técnicos, la falta de recursos que permitan visualizar de forma clara la disposición y función de los órganos, y las limitaciones cognitivas derivadas de ideas previas incorrectas sobre los procesos digestivos. Asimismo, la escasa conexión entre la teoría y la práctica provoca que muchos estudiantes perciban la anatomía como algo lejano y excesivamente abstracto, afectando negativamente su motivación y su capacidad para asimilar los contenidos más complejos (Giler-Medina et al., 2024).

Por otro lado, los métodos de enseñanza tradicionales suelen apoyarse en presentaciones bidimensionales y explicaciones magistrales, sin ofrecer herramientas que faciliten la personalización del aprendizaje ni un feedback inmediato (Giler-Medina et al., 2024). Ante estas carencias, surge la necesidad de explorar soluciones que permitan reforzar la comprensión de la materia, mantener la motivación del alumnado y promover la autonomía en su estudio.

En este contexto, la inteligencia artificial generativa se perfila como una tecnología con un potencial significativo para atender estas demandas. Sus aplicaciones en el ámbito educativo incluyen la generación de contenidos adaptados al nivel y ritmo de cada estudiante, la creación de actividades interactivas de autoevaluación y la posibilidad de ofrecer una tutoría personalizada fuera del aula (Guettala et al., 2024). A partir de esta premisa, se decidió diseñar un tutor virtual (“DigesTutor”) que centralice todos los contenidos curriculares de la unidad didáctica del aparato digestivo y proporcione múltiples formatos de estudio y personalización del aprendizaje.

El desarrollo de “DigesTutor” se alinea con el marco DigCompEdu para el fortalecimiento de la competencia digital docente, ya que permite al profesorado incorporar tecnologías emergentes en el diseño de materiales didácticos, enriqueciendo la experiencia de enseñanza y aprendizaje. Además, la inexistencia de un libro de texto específico para esta materia en el centro escolar obligó a emplear una presentación validada como único referente, lo que refuerza la pertinencia de contar con un recurso digital que reúna y organice toda la información curricular de forma accesible y personalizada.

Por todo ello, la creación y evaluación de este tutor virtual queda plenamente justificada como una intervención innovadora destinada a superar las barreras detectadas y a potenciar el aprendizaje del aparato digestivo, ofreciendo a los alumnos una herramienta que complemente eficazmente las explicaciones del aula y favorezca un estudio más dinámico, interactivo y adaptado a sus necesidades.

3. OBJETIVOS

Objetivo principal:

El objetivo principal de este trabajo es analizar el potencial de integración de la inteligencia artificial (IA) en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología, mediante el diseño, implementación y evaluación de un tutor virtual aplicado a la unidad didáctica del aparato digestivo en la asignatura de Anatomía Aplicada (1º de Bachillerato). Se busca ofrecer estrategias didácticas innovadoras y herramientas que beneficien tanto al alumnado como al profesorado. Asimismo, se pretende garantizar que las propuestas didácticas diseñadas cumplan con el currículo vigente y las competencias educativas establecidas por la LOMLOE.

Objetivos específicos que facilitan la consecución del propósito principal:

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre el uso de la inteligencia artificial, en el ámbito educativo. Esta revisión se enfocará en:
 - Aplicaciones y beneficios del uso de la IA en educación.
 - El impacto de la IA en la aplicación de metodologías activas, en el rendimiento académico y la comprensión de conceptos.
 - La motivación y la actitud del alumnado hacia la IA.
 - Las dificultades, barreras y limitaciones en la implementación de estas herramientas en contextos educativos reales.
2. Identificar las dificultades actuales que enfrentan tanto el alumnado como el profesorado en la enseñanza-aprendizaje de la unidad didáctica del aparato digestivo, considerando aspectos como:
 - La complejidad del vocabulario técnico específico.
 - La escasa conexión entre teoría y práctica.
 - La dificultad para visualizar y comprender procesos anatómicos abstractos.
 - Las limitaciones tecnológicas existentes en los centros educativos.
 - Las barreras actitudinales y formativas hacia el uso de herramientas digitales avanzadas.
3. Diseñar una propuesta didáctica basada en la utilización de un tutor virtual como herramienta pedagógica, que incorpore la inteligencia artificial de forma integrada y coherente con el currículo de la etapa educativa correspondiente, y que

promueva un aprendizaje activo, significativo y adaptado a las necesidades del alumnado.

4. Evaluar el impacto del tutor virtual en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la aplicación de dos cuestionarios al alumnado: uno inicial, previo a la intervención, y otro final, tras la experiencia de uso. Esta comparación permitirá valorar cambios en la comprensión, la motivación y la actitud del alumnado ante los contenidos tratados.
5. Reflexionar sobre el potencial de la inteligencia artificial para personalizar el aprendizaje, explorando cómo estas herramientas pueden adaptarse a las características individuales del alumnado y contribuir a mejorar su rendimiento y su implicación en el proceso educativo.

4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

4.1. FUNDAMENTOS CONCEPTUALES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

4.1.1. Definición de “Inteligencia Artificial” y su evolución

Para comprender cómo la inteligencia artificial ha transformado diversos ámbitos de nuestra sociedad, es necesario entender el significado del término y conocer cuál ha sido su evolución a lo largo del tiempo.

El primer registro del término "inteligencia artificial" se remonta al año 1956, durante una reunión celebrada en el verano de ese mismo año en Dartmouth College (Estados Unidos). En este encuentro participaron algunos de los investigadores que más tarde se convertirían en figuras clave del área, como John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester y Claude E. Shannon, para discutir si una máquina podría, algún día, pensar y comportarse como un ser humano. En dicha reunión, John McCarthy sugirió que el objetivo era encontrar la manera de crear una máquina capaz de realizar tareas que, si fueran llevadas a cabo por un ser humano, serían consideradas inteligentes (Torra, 2011).

Actualmente, tal y como se propone en la “Comunicación sobre la IA de la Comisión Europea”: *“la inteligencia artificial (IA) se refiere a sistemas que muestran un comportamiento inteligente al analizar su entorno y tomar acciones, con cierto grado de autonomía, para lograr objetivos específicos”*. Además, afirma que los sistemas de inteligencia artificial pueden estar completamente basados en software, operando en entornos virtuales (como ocurre en el caso de los asistentes de voz, análisis de imágenes o los sistemas de reconocimiento facial y de voz), o bien la IA puede integrarse en dispositivos de hardware, como robots avanzados, vehículo autónomos o drones, entre otros (Comisión Europea, 2019).

En definitiva, la IA ha evolucionado desde un concepto especulativo hasta convertirse en una herramienta integrada en múltiples ámbitos, entre ellos, la educación.

4.1.2. Funcionamiento y tipologías de la inteligencia artificial

La Inteligencia Artificial (IA) se basa en la capacidad de ciertas tecnologías para aprender a partir de los datos que analiza y mejorar su rendimiento, sin necesidad de ser programada constantemente para cada tarea. Esto se debe al aprendizaje automático (AA-

machine learning), un proceso que permite a las máquinas identificar patrones y mejorar con la práctica. Para lograrlo, utiliza modelos matemáticos y algoritmos que le ayudan a procesar grandes cantidades de información y tomar decisiones cada vez más precisas y personalizadas (Gobierno de España., s. f.).

Desde una perspectiva técnica, la IA puede clasificarse de diversas maneras en función de sus características. Una primera distinción relevante, recogida por la Comisión Europea, diferencia entre la IA basada en software y la IA integrada en dispositivos físicos. La primera categoría incluye sistemas como asistentes virtuales (por ejemplo, Siri o Alexa), motores de búsqueda, o aplicaciones de reconocimiento de voz, todos ellos operando en entornos digitales. Por su parte, la IA integrada se refiere a tecnologías que combinan procesamiento inteligente con componentes físicos, como drones, robots o vehículos autónomos (Gobierno de España, s. f.).

Otra clasificación habitual es la que atiende la potencia o capacidad de la IA. En este sentido, se distinguen tres niveles:

- La “IA débil” o “IA estrecha”, la cual hace referencia a los sistemas diseñados específicamente para ejecutar una función concreta en un ámbito limitado. No tienen la capacidad de razonamiento autónomo y, por tanto, su capacidad de adaptación esta acotada a los parámetros para los que ha sido diseñado. Se trata del único tipo de IA existente en estos momentos (Kalota, 2024).
- La “IA fuerte” o “IA general” (Kalota, 2024). En este caso, al igual que los humanos, estos sistemas son capaces de desarrollar habilidades cognitivas, adaptarse a nuevas situaciones, aprender autónomamente y resolver problemas en contextos variados sin ser reprogramados (Gobierno de España., s. f.).
- “La superinteligencia artificial”, una forma hipotética de inteligencia que superaría las capacidades cognitivas humanas en todos los ámbitos. Se piensa que este tipo de máquinas podrían incluso desarrollar sus propios objetivos, creencias y motivaciones, aunque es un concepto en fase puramente teórica (Kalota, 2024).

Además de estas dos clasificaciones, también se puede clasificar la IA según su tipo de funcionamiento o metodología. En dicha clasificación, encontramos, entre otras, la “IA generativa (Gen-IA)”, la cual es especialmente importante para el desarrollo de este TFM. Este tipo de sistemas se caracteriza por su capacidad de crear nuevos contenidos a partir de los datos con los que ha sido entrenada. Estos contenidos pueden adoptar diferentes

formas, como textos escritos, imágenes, audio e incluso vídeos y simulaciones (Kalota, 2024).

En el caso particular de la IA generativa, la interacción con el usuario se produce mediante el uso de “prompts”. Esto se refiere a instrucciones o peticiones concretas que se le envían al sistema para que realice una acción o proporcione una respuesta. Estas indicaciones pueden ir desde una pregunta sencilla hasta una tarea más compleja (Gobierno de España., s. f.).

Para obtener resultados útiles y precisos, es fundamental saber cómo formular bien un “prompt”. Entre las recomendaciones prácticas más importantes se encuentran las siguientes:

- Ser claro y específico: cuanto más detallada y precisa sea la solicitud, más probable será que la respuesta de la IA se ajuste a nuestras necesidades. Las instrucciones vagas o ambiguas suelen dar lugar a respuestas genéricas o poco relevantes.
- Incluir información contextual: si el sistema necesita realizar una recomendación o tomar una decisión, es importante aportarle datos que acoten la tarea.
- Ofrecer retroalimentación: en el caso que la respuesta que da la IA no se ajuste a lo esperado, es útil explicitar qué parte no es correcta. Esta retroalimentación ayuda al sistema a ajustar sus futuras respuestas y mejorar la experiencia de uso (Gobierno de España., s. f.).

Desde una perspectiva educativa, comprender el funcionamiento de la IA generativa es esencial para aprovechar al máximo todo su potencial. En el presente TFM, este conocimiento servirá de base para la creación de un tutor virtual personalizado, fundamentado en inteligencia artificial generativa y orientado a mejorar el proceso de aprendizaje del alumnado.

4.2. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN

4.2.1. Aplicaciones de la IA en educación

En los últimos años, el avance de la IA ha tenido un impacto notable en distintas áreas, y la educación no ha quedado al margen. Esta tecnología, cada vez más presente en nuestro día a día, está introduciendo cambios significativos en el proceso de enseñanza-

aprendizaje, ofreciendo nuevas didácticas, enfoques y recursos (González-González, 2023).

La IA, indudablemente, está transformando el sector educativo (Cortez et al., 2024). Su integración en la educación implica la fusión de los enfoques pedagógicos tradicionales con innovaciones tecnológicas, buscando mejorar y optimizar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Su aplicación pretende transformar diferentes aspectos del sistema escolar y enriquecer la experiencia de aprendizaje (De la Cruz et al., 2023).

Entre las aplicaciones más destacadas de la IA en contextos educativos, se encuentran las siguientes:

- Personalización del aprendizaje: una de las características más destacadas de la IA es su capacidad para utilizar el aprendizaje automático. Gracias a esta capacidad, la IA es capaz de procesar grandes cantidades de datos, reconocer patrones y modificar el contenido, las respuestas y las interacciones según las necesidades específicas de cada estudiante. Esto permite crear trayectorias de aprendizaje individualizadas, que se ajustan tanto al ritmo como a las preferencias de cada alumno, mejorando y enriqueciendo la experiencia educativa (Cevallos et al., 2023).
- Evaluación continua, formativa y autoevaluación: la inteligencia artificial contribuye significativamente al desarrollo de evaluaciones continuas y formativas al proporcionar cuestionarios o preguntas y su correspondiente retroalimentación sobre el rendimiento del alumnado. Gracias a los sistemas automatizados de evaluación, la IA es capaz de interpretar las respuestas, detectar áreas tanto de fortalezas como aquellas que requieren mejora, y generar recomendaciones específicas para optimizar el desempeño académico (Vera, 2023).
- Creación de contenido educativo interactivo y dinámico: La IA no solo ha revolucionado la forma de acceder al conocimiento, sino que también permite la creación de contenido educativo inteligente a partir de materiales digitales preexistentes, como libros, presentaciones o guías en formato PDF. A través de herramientas basadas en IA, es posible generar esquemas conceptuales, resúmenes automatizados, infografías explicativas, así como vídeos didácticos o recursos visuales adaptados a distintos niveles educativos. Este tipo de tecnología también facilita la creación de actividades interactivas personalizadas, como cuestionarios, simulaciones o ejercicios adaptativos,

enriqueciendo significativamente el entorno de aprendizaje (Flores-Vivar & García-Peñalvo, 2022).

- Automatización de tareas administrativas: la IA se está consolidando como una herramienta fundamental para la optimización de los procesos administrativos en el ámbito educativo. Entre sus múltiples aplicaciones, destacan la corrección de exámenes (Flores-Vivar & García-Peñalvo, 2022), la programación de las clases y la organización del calendario académico, el monitoreo continuo del desempeño estudiantil, y la administración de materiales y herramientas pedagógicas (Cevallos et al., 2023).
- Tutoría automática y feedback adaptativo: Las herramientas basadas en IA pueden ejercer funciones de tutoría virtual, proporcionando orientación individualizada y apoyo fuera del horario escolar. Este acompañamiento se adapta al nivel del estudiante, ofreciendo explicaciones personalizadas y mensajes de retroalimentación específicos. La capacidad del sistema para ajustar sus respuestas a partir de las interacciones previas permite un apoyo más eficaz que el ofrecido por soluciones tecnológicas tradicionales (Guettala et al., 2024).

Varios estudios resaltan que las competencias socioemocionales, fundamentales en el proceso educativo y derivadas de la interacción humana, no pueden ser replicadas por las tecnologías de inteligencia artificial en su estado actual. Además, se señala que los docentes humanos son insustituibles debido a habilidades únicas como el pensamiento crítico, la creatividad y la capacidad emocional (Chan & Tsi, 2023).

4.2.2. Personalización del aprendizaje mediante la creación de un tutor virtual

La creciente incorporación de tecnologías basadas en inteligencia artificial en el ámbito educativo ha impulsado el desarrollo de herramientas que permiten adaptar el proceso de enseñanza-aprendizaje a las características individuales del alumnado. Una de las aplicaciones más prometedoras en este sentido es la creación de tutores virtuales personalizados, capaces de ofrecer apoyo individualizado fuera del aula y de complementar el trabajo del profesorado.

Un tutor virtual es una herramienta educativa digital diseñada para guiar, apoyar y facilitar el aprendizaje del estudiante en entornos no presenciales. A través de tecnologías basadas en inteligencia artificial, como ChatGPT, estos tutores actúan como mediador entre el contenido académico y el alumno (Cari-Incahuanaco, 2025).

Varios estudios señalan que los tutores virtuales creados con IA generativa se perfilan como una de las tecnologías más prometedoras para alcanzar la personalización del aprendizaje, entendiendo por personalización del aprendizaje la adaptación de manera continua de los contenidos, objetivos e intereses de cada alumno conforme evolucionan sus necesidades y el entorno. Su propósito es permitir que cada estudiante avance a su propio ritmo, siguiendo un recorrido diseñado a partir de sus conocimientos previos, motivaciones y aspiraciones (Serrano & Moreno-García, 2024).

Diversas investigaciones recientes están destacando el papel de ChatGPT de OpenAI como tutor o asistente virtual. Thorat et al. (2024) muestran que esta herramienta ajusta automáticamente los materiales de estudio a la manera en que cada alumno aprende, su ritmo y sus intereses. Al ofrecer un entorno de aprendizaje autónomo, permite avanzar a diferentes velocidades, profundizar en los temas que más interesan o repasar y reforzar fácilmente las áreas que resultan más complejas. Asimismo, aporta feedback, comentarios y sugerencias instantáneas, junto con materiales y recursos complementarios adaptados a las necesidades particulares de cada alumno (Thorat et al., 2024).

En definitiva, la incorporación de un tutor virtual en el proceso de enseñanza-aprendizaje permite adaptar las actividades formativas a las necesidades de cada alumno, mejorando la eficacia, el compromiso y la equidad en el aprendizaje (Vorobyeva et al., 2025).

4.2.3. Motivación y actitud del alumnado hacia la IA

La integración de la inteligencia artificial (IA) en el ámbito educativo ha generado una reacción predominantemente positiva entre el alumnado de Secundaria y Bachillerato. Según el estudio de Alfaro-Salas y Díaz Porras (2024), la mayoría de los estudiantes manifiestan una actitud favorable hacia el uso de estas tecnologías en su proceso de aprendizaje (Alfaro-Salas & Porras, 2024).

Los alumnos perciben la IA como una herramienta que les facilita la comprensión de los contenidos, agiliza tareas repetitivas y le ofrece apoyo en áreas que les resultan especialmente difíciles. Asimismo, el estudio evidencia que los estudiantes valoran positivamente la personalización que ofrecen algunas herramientas basadas en IA, al

adaptarse al ritmo y nivel de cada usuario. Estos aspectos generan un efecto motivador, pues los alumnos sienten que cuentan con un recurso adicional que les permite avanzar con mayor autonomía y les permite tener una experiencia más cercana y significativa, sin la frustración que genera el aprendizaje estandarizado (Alfaro-Salas & Porras, 2024).

Es importante destacar que la motivación no proviene únicamente del carácter innovador de la tecnología, sino de la percepción de la mejora real de su experiencia educativa. En este sentido, siempre que la integración de la IA esté bien contextualizada y guiada por el profesorado, los estudiantes muestran una alta predisposición a integrarla en su aprendizaje diario (Alfaro-Salas & Porras, 2024).

Por otro lado, la actitud del alumnado hacia la IA está estrechamente vinculada a su percepción de autoeficacia tecnológica. El estudio de Naiseh et al. (2025) ha demostrado que la percepción que tienen las personas sobre su propia capacidad para manejar tecnologías influye de manera significativa en su disposición hacia el uso de la inteligencia artificial. En concreto, una mayor autoeficacia se relaciona con actitudes más positivas hacia esta tecnología (Naiseh et al., 2025).

Asimismo, se ha observado que una actitud positiva hacia la tecnología, en general, está estrechamente relacionado con el bienestar. Las investigaciones señalan que cuanto más útil y beneficiosa se percibe una tecnología para la vida cotidiana, más probable es que las personas decidan adoptarla. Por el contrario, actitudes negativas o temores infundados pueden actuar como barreras que dificulten su incorporación en el entorno escolar (Naiseh et al., 2025).

En consecuencia, fomentar actitudes positivas hacia la IA y proporcionar al alumnado formación adecuada para su uso responsable y crítico son elementos clave para garantizar su integración educativa. Estas actitudes pueden contribuir decisivamente a que las tecnologías de IA sean percibidas no solo como una innovación, sino como una herramienta significativa para mejorar el aprendizaje (Naiseh et al., 2025).

4.3. BENEFICIOS Y DESAFÍOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ENSEÑANZA

4.3.1. El impacto de la IA: metodologías activas, rendimiento académico y comprensión conceptual

El uso de herramientas basadas en inteligencia artificial (IA) está generando transformaciones significativas en los procesos de enseñanza y aprendizaje. En los últimos años, diferentes investigaciones han evidenciado que estas tecnologías pueden tener un impacto positivo en el rendimiento académico del alumnado, la comprensión conceptual de los contenidos y la implementación de metodologías activas en el aula.

Un estudio llevado a cabo por Vieriu y Petrea (2025), reveló que el 95,6% de los estudiantes encuestados indicaron que emplean o han empleado alguna vez herramientas de inteligencia artificial en el desarrollo de sus actividades académicas.

De estos, el 82,4% consideraba que la IA había contribuido a mejorar sus calificaciones, tanto en exámenes como en proyectos y trabajos académicos. Sin embargo, no todos comparten esta percepción: un 15,3% señala que el empleo de la IA no supone una diferencia relevante en sus resultados, mientras que un 3,5% advierte que podría incluso limitar su capacidad de adquirir conocimientos en profundidad. Asimismo, un 2,4% cree que la integración de la inteligencia artificial podría tener un impacto negativo, perjudicando su rendimiento académico (Vieriu & Petrea, 2025).

Paralelamente, se examinó la percepción de los estudiantes respecto a la eficiencia en el aprendizaje asociada al uso de IA, teniendo en cuenta factores como la rapidez en el acceso a información y la optimización del tiempo de estudio. Los datos evidencian que el 83,5% de los encuestados percibe una mejora en su eficiencia, destacando la capacidad de estas herramientas para agilizar la búsqueda de recursos educativos, facilitar la organización de las tareas y reducir el tiempo invertido en encontrar información relevante. Por el contrario, el 10,6% de los estudiantes manifestó no experimentar mejoras en su rendimiento o eficiencia gracias a la IA, posiblemente debido a un menor dominio o aprovechamiento de las tecnologías disponibles. Además, un 7,1% expresó dudas o falta de certeza sobre el impacto de la inteligencia artificial en su proceso de aprendizaje. Aunque la gran mayoría reconoce los beneficios de la inteligencia artificial en el ámbito académico, persiste un grupo de estudiantes que muestra escepticismo o

desconocimiento, subrayando la importancia de fomentar una formación adecuada en el uso crítico y estratégico de estas herramientas (Vieriu & Petrea, 2025).

En el ámbito de las ciencias, un segundo estudio desarrollado por Cobos-Gutiérrez (2024) demostró una correlación positiva entre el uso de herramientas de IA y la mejora en el rendimiento académico.

Comenzaré analizando la Tabla 1. Esta, muestra los cambios en el rendimiento académico de los estudiantes en distintas materias antes y después de la implementación de herramientas de inteligencia artificial. Los resultados reflejan mejoras significativas en todas las áreas analizadas. En ciencias, materia de especial interés para este estudio, la calificación media inicial fue de 7,1 ($\pm 1,2$), aumentando hasta 8,5 ($\pm 1,1$) tras el uso de la IA, lo que supone una diferencia media de +1,4 puntos (Cobos-Gutierrez, 2024).

Tabla 1. Cambios en el rendimiento académico de los estudiantes en distintas materias antes y después de la implementación de herramientas de inteligencia artificial. Elaboración propia a partir de Cobos-Gutierrez (2024).

MATERIA	CALIFICACIÓN INICIAL MEDIA	CALIFICACIÓN FINAL MEDIA	DIFERENCIA MEDIA
Matemáticas	6.2	8.1	+1.9
Ciencias	7.1	8.5	+1.4
Humanidades	7.0	8.3	+1.3
Promedio Total	6.8	8.3	+1.5

Por otra parte, en la Tabla 2, se recogen los resultados de la encuesta realizada para evaluar la percepción de los estudiantes sobre el uso de herramientas de inteligencia artificial en su proceso de aprendizaje. Los datos reflejan una actitud mayoritariamente positiva hacia la IA. En general, los estudiantes consideran que la IA les ha ayudado a mejorar su comprensión de los contenidos, con una puntuación media de 4,3 sobre 5. Asimismo, se valora especialmente la retroalimentación proporcionada por la IA, considerada útil y rápida, con una puntuación promedio de 4,5 ($\pm 0,8$) y una fuerte correlación de Spearman de 0,72. El uso de la inteligencia artificial también contribuyó a que los estudiantes percibieran el estudio como una actividad más amena y atractiva (media de 4,0 puntos) (Cobos-Gutierrez, 2024).

En cuanto al fortalecimiento de las habilidades académicas, los estudiantes se sienten más seguros tras emplear herramientas de IA, obteniendo una media de 4,2 ($\pm 0,7$) en esta

categoría. Finalmente, la intención de seguir utilizando la inteligencia artificial en el futuro obtuvo la puntuación más alta ($4,6 \pm 0,5$) y una fuerte correlación ($\rho = 0,76$), lo que refuerza la idea de que los estudiantes valoran de forma muy positiva su experiencia con estas tecnologías y muestran una alta disposición a continuar integrándolas en su aprendizaje (Cobos-Gutierrez, 2024).

Todos los resultados son estadísticamente significativos ($p < 0,001$) y presentan correlaciones fuertes (ρ entre 0,65 y 0,76), lo que confirma la consistencia de las percepciones positivas respecto al uso de la inteligencia artificial en el entorno educativo (Cobos-Gutierrez, 2024).

Tabla 2. Resultados de la encuesta realizada para evaluar la percepción de los estudiantes sobre el uso de herramientas de inteligencia artificial en su proceso de aprendizaje. Elaboración propia a partir de Cobos-Gutierrez (2024).

PREGUNTA DE LA ENCUESTA	RESPUESTA PROMEDIO (Escala del 1 al 5)
La IA me ayudó a mejorar mi comprensión de los temas.	4.3
Siento que la IA me da retroalimentación útil y rápida.	4.5
Usar IA hace que estudiar sea más entretenido e interesante.	4.0
Me siento más seguro con mis habilidades después de usar IA.	4.2
Me gustaría seguir usando IA en el futuro.	4.6

Estos hallazgos, estadísticamente significativos, ponen de manifiesto no solo la mejora cuantitativa en el rendimiento académico, sino también un cambio cualitativo en la experiencia del alumnado. La incorporación de la IA en el aula parece favorecer procesos de aprendizaje más autónomos, personalizados y activos, en línea con los principios de metodologías activas como el aprendizaje por indagación, el trabajo por proyectos o la gamificación.

En conjunto, los resultados empíricos revisados respaldan la integración de la inteligencia artificial como recurso pedagógico complementario, capaz de mejorar la implicación del alumnado, facilitar la comprensión de conceptos complejos y promover formas de

enseñanza más interactivas. Estos beneficios justifican el diseño y la implementación de propuestas como el tutor virtual desarrollado en este trabajo, cuya finalidad es explorar el potencial educativo de la IA aplicada a un contenido específico de la Biología.

4.3.2. Barreras y limitaciones del uso de la IA en educación

Aunque los beneficios de la IA en el ámbito educativo son numerosos y ampliamente reconocidos, su integración no está exenta de retos significativos.

Estos desafíos afectan tanto a nivel técnico como pedagógico, ético y social, y deben ser considerados cuidadosamente para garantizar un uso responsable y eficaz de esta tecnología.

- Brecha digital y desigual acceso: Uno de los principales obstáculos es la desigualdad de acceso a los recursos tecnológicos, lo que da lugar a una brecha digital entre estudiantes, centros y contextos socioeconómicos. No todos los estudiantes disponen de dispositivos adecuados o de una conexión a Internet estable (Alfaro-Salas & Porras, 2024). Este hecho no solo genera un riesgo claro de desigualdad entre centros educativos o alumnado que pueda implementar sistemas de inteligencia artificial en las aulas o en casa, y aquellos que, con menos recursos, no puedan hacerlo (Del Rocío Guzmán Matute et al., 2024), sino que, además, el desconocimiento o la falta de formación en habilidades digitales puede dificultar que algunos alumnos aprovechen las oportunidades que ofrece esta tecnología (Alfaro-Salas & Porras, 2024).
- Dependencia tecnológica y pérdida de interacción humana: La creciente presencia de tecnología en el aula puede dar lugar a una dependencia excesiva de herramientas digitales, en detrimento de la interacción humana directa. Esta preocupación es especialmente relevante en etapas educativas como la adolescencia, donde el acompañamiento emocional y el vínculo con el profesorado son fundamentales para el desarrollo integral del alumnado (Del Rocío Guzmán Matute et al., 2024).
- Rechazo docente y falta de formación: Otro aspecto relevante es el rechazo que muestran algunos docentes y alumnos hacia el uso de estas herramientas digitales. La falta de formación específica y el desconocimiento limitan la

confianza y predisposición a utilizar la IA como herramienta pedagógica (Del Rocío Guzmán Matute et al., 2024).

- Riesgos éticos y protección de datos: El uso de IA implica recopilar y analizar grandes volúmenes de información, lo que plantea interrogantes sobre la privacidad y la protección de dichos datos (Del Rocío Guzmán Matute et al., 2024). Además, existe preocupación por posibles usos indebidos, como la suplantación de identidad mediante clonación de voz o imagen, o la difusión de contenidos falsos generados por IA (Morán-Ortega et al., 2024). Estas cuestiones éticas deben abordarse con protocolos claros y marcos normativos adecuados.
- Redefinición del rol docente: Finalmente, cabe destacar la preocupación creciente por el impacto que estas tecnologías pueden tener en el papel del profesorado. Algunos expertos advierten sobre una posible deshumanización del proceso educativo y el riesgo de que ciertas funciones docentes sean desplazadas, lo que obligaría a repensar el rol del profesor en el nuevo escenario digital (Del Rocío Guzmán Matute et al., 2024).

Reconocer estas barreras resulta imprescindible para diseñar propuestas realistas y sostenibles de integración de la IA en el aula. En este trabajo, se ha procurado que el tutor virtual propuesto responda a algunas de estas limitaciones, apostando por un modelo accesible, curricularmente ajustado, con control docente sobre los contenidos y centrado en acompañar -no sustituir- el papel del profesor.

4.4. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN BIOLOGÍA Y CIENCIAS NATURALES

Existen múltiples estudios que demuestran como el uso de herramientas de inteligencia artificial mejora el rendimiento, la comprensión y la motivación de los alumnos en áreas de Ciencias Naturales, incluyendo Biología y Anatomía.

Uno de ellos se desarrolló en Taiwán, donde se llevó a cabo una experiencia educativa que incorporó tecnología de realidad virtual (VR) para reforzar la enseñanza de anatomía en estudiantes de Bachillerato. La idea central fue ofrecer a los alumnos la oportunidad de interactuar con modelos tridimensionales de los

sistemas cardiovascular, respiratorio y digestivo, así como observar procedimientos quirúrgicos asistidos por un robot médico. Esta experiencia inmersiva contribuyó a que los conceptos complejos se interiorizaran con mayor facilidad que mediante las representaciones tradicionales en dos dimensiones (Chuang et al., 2023).

Antes de introducir los materiales en el aula, un grupo de expertos evaluó su calidad tanto en contenido científico como en usabilidad. Estos especialistas otorgaron calificaciones muy elevadas a la exactitud de la información, la coherencia de los objetivos de aprendizaje y la facilidad de navegación en la aplicación (Chuang et al., 2023).

Durante las sesiones protagonizadas por los alumnos, los profesores notaron que, tras emplear la VR en las clases de Biología, la atención de los chicos se mantuvo en niveles más altos y que su disposición a participar activamente en la explicación aumentó de forma considerable. Los docentes también apuntaron que los estudiantes alcanzaban con mayor rapidez los objetivos de cada unidad, pues al poder manipular virtualmente los modelos anatómicos resultaba más sencillo enlazar la teoría con la práctica (Chuang et al., 2023).

En cuanto a la percepción de los propios alumnos, la mayoría indicó que las actividades en 3D hicieron que las clases resultaran más eficientes y entretenidas, y que podían recordar la disposición de los órganos con mayor facilidad que recurriendo únicamente a láminas o esquemas impresos. No obstante, algunos de ellos experimentaron mareos o fatiga visual cuando las sesiones se prolongaron más de media hora con las gafas de VR, lo que sugiere la necesidad de alternar esta herramienta con pausas o explicaciones convencionales. A pesar de este inconveniente, la valoración general fue muy positiva, especialmente en lo referente a la claridad para comprender estructuras complejas y la motivación para profundizar en los contenidos (Chuang et al., 2023).

Desde la perspectiva de los docentes, la introducción de la VR no solo ayudó a dinamizar las explicaciones, sino que también fomentó el trabajo colaborativo en el aula ya que, al compartir una misma experiencia visual, los alumnos podían discutir en detalle cada aspecto anatómico y resolver dudas de forma conjunta. Sin embargo, señalaron que los aspectos logísticos como coordinar la distribución de dispositivos y gafas, supervisar el tiempo de uso y evitar que alguno de los equipos presentara fallos técnicos implicó un desafío adicional que, en algunos

casos, frenó la intención de replicar el modelo en futuras asignaturas (Chuang et al., 2023).

En términos generales, esta iniciativa demostró que la realidad virtual tiene un impacto positivo en la motivación y la retención de contenidos complejos en estudiantes de Bachillerato, siempre que se gestionen con cuidado los posibles efectos adversos ligados a la inmersión prolongada y se garantice una organización adecuada de los recursos técnicos. La combinación de modelos tridimensionales, interactividad y bajo coste convierte a esta propuesta en una alternativa atractiva para complementar los métodos convencionales en la enseñanza de Biología (Chuang et al., 2023).

5. DIFICULTADES DIDÁCTICAS EN LA ENSEÑANZA DEL APARATO DIGESTIVO EN ANATOMÍA APLICADA

Antes de diseñar una propuesta didáctica fundamentada en el uso de inteligencia artificial, resulta imprescindible analizar las principales barreras que enfrenta el alumnado en el proceso de aprendizaje del contenido seleccionado.

Durante la experiencia en el período de prácticas del máster, se ha tenido la oportunidad de impartir la unidad didáctica del aparato digestivo en 1º de Bachillerato. En el aula se han identificado diversas dificultades de aprendizaje que presentan los alumnos en relación con este contenido. Estos desafíos no solo están relacionados con la complejidad del contenido, sino también con la forma en que este se presenta y se trabaja en clase. A continuación, se exponen los más importantes:

Estos desafíos se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- **Abstracción anatómica y tecnicismos:** uno de los principales retos a los que se enfrentan los alumnos es la gran cantidad de términos técnicos y conceptos abstractos que deben interiorizar. A menudo, se les pide memorizar nombres de estructuras complejas sin tener oportunidad de vincularlos con experiencias reales o con una imagen clara de su localización y función en el cuerpo humano. Esto provoca que, aunque muchos reconozcan los términos, tengan dificultades para comprender con precisión su papel dentro del sistema digestivo (Giler-Medina et al., 2024).
- **Falta de visualización:** La mayoría del material didáctico empleado en clase, ya sea libros, presentaciones Power Point... se basa en esquemas planos y dibujos bidimensionales que no permiten comprender del todo la disposición espacial de los órganos. Esto se complica especialmente cuando se estudian zonas más complejas como el intestino delgado o el recorrido del alimento desde la boca hasta el ano. Cuando no se dispone de recursos visuales adecuados, el alumnado tiende a memorizar de forma mecánica, sin comprender del todo lo que está estudiando (Giler-Medina et al., 2024).

Esta dificultad se ve agravada por la escasa carga práctica que suele tener la asignatura. La falta de contacto con modelos anatómicos reales, imágenes tridimensionales o actividades manipulativas limita la capacidad de los estudiantes para integrar lo aprendido y conectar el contenido teórico con su dimensión funcional.

- Barreras cognitivas del alumnado: Se ha podido comprobar que algunos estudiantes llegan a clase con ideas previas incorrectas sobre cómo funciona el sistema digestivo. Por ejemplo, creen que la digestión solo ocurre en el estómago o que los nutrientes se absorben en el intestino grueso. Estas concepciones erróneas son difíciles de corregir si no se trabajan activamente mediante preguntas, comparaciones o ejemplos. Además, la acumulación de nombres, funciones y procesos puede llegar a saturarlos, provocando que pierdan el hilo de la explicación fácilmente.
- Falta de motivación y actitudes negativas: La anatomía, en general, suele percibirse como una asignatura densa y exigente, con muchos términos nuevos y una escasa relación aparente con el día a día del estudiante. Esto provoca en algunos estudiantes una falta de interés. En el caso del aparato digestivo, esta percepción se agrava porque no siempre se logra vincular el contenido con situaciones reales o clínicas que puedan despertar su curiosidad. Si no se presenta de forma cercana o contextualizada, el tema puede parecerles lejano y puramente teórico.

Resulta evidente que las dificultades habituales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Anatomía Aplicada dificultan un aprendizaje completo y motivador de la misma. Frente a ello, la creación de un tutor virtual busca dar respuesta a estas barreras ofreciendo herramientas que faciliten el estudio y presenten la anatomía de manera más accesible.

6. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TUTOR VIRTUAL

6.1. CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

El proyecto se ha desarrollado en un centro público de Educación Secundaria y Bachillerato en el barrio de Parquesol. Los sujetos de estudio han sido los alumnos de 1º de Bachillerato de la asignatura de Anatomía Aplicada; grupo con el cual se ha trabajado durante las prácticas docentes del Máster. En total participaron 16 estudiantes (8 chicas y 8 chicos), con edades comprendidas entre 16 y 17 años.

El contenido trabajado con los alumnos ha sido la unidad didáctica correspondiente al aparato digestivo. Durante las sesiones en el aula impartiendo dicha unidad, se detectaron diversas dificultades y barreras, desde la complejidad de los términos hasta la dificultad de relacionar teoría y práctica, lo cual limitaban su progreso y motivación. Por ello, el diseño y la elaboración de un tutor virtual es una gran herramienta como solución didáctica debido a las grandes oportunidades que ofrece para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL TUTOR VIRTUAL

Los objetivos específicos que se pretenden conseguir con la creación de este tutor virtual son los siguientes:

- Mejorar la comprensión de la unidad didáctica del aparato digestivo: El tutor virtual ofrecer explicaciones muy claras y adaptadas a cada estilo de aprendizaje; genera textos narrativos, esquemas y diagramas, tablas-resumen e incluso juegos y preguntas para repasar de forma lúdica. De esta manera, cada alumno encuentra el formato que mejor se adapta a su modo de estudio y consolida los conceptos con mayor facilidad.
- Aumentar la motivación del alumnado: El objetivo de “Digestutor” es que los estudiantes logren identificar la asignatura como una experiencia enriquecedora y significativa, no como una obligación más. Al ver reflejado su propio progreso y descubrir que son capaces de entender y aplicar conceptos complejos, se refuerza su autoconfianza y su interés por la materia. Todo esto, fomenta una actitud más activa en clase, donde se sienten más cómodos y dispuestos a participar, plantear dudas y profundizar por iniciativa propia. Además, al conectar cada logro con una

sensación de avance real, se refuerza la curiosidad científica y se reduce el desánimo ante los retos académicos.

- Consegir la personalización del estudio: El objetivo es que cada estudiante sienta que el proceso de aprendizaje responde a sus necesidades y ritmos particulares. Al adaptar el proceso de estudio al nivel previo de conocimientos, a las dificultades detectadas y a las preferencias de cada alumno, se fomenta un vínculo más sólido con la materia. De esta manera, el alumno avanza a su propio paso, reforzando lo que ya domina y profundizando en aquello que le resulta más complejo, lo que incrementa tanto su eficacia como su satisfacción.
- Desarrollar la autonomía y la autoevaluación: Se busca que el alumnado adquiera la capacidad de identificar sus fortalezas y áreas de mejora sin depender exclusivamente del docente. Al incorporar herramientas que invitan a la reflexión sobre el propio rendimiento, los estudiantes aprenden a planificar sus repasos, a reconocer por sí mismos cuándo necesitan refuerzo y a seleccionar los recursos más adecuados para progresar. Este desarrollo de la autonomía fortalece su confianza y los prepara para afrontar retos académicos futuros con mayor seguridad.

En la Tabla 3, se presenta la correspondencia entre los objetivos específicos de tutor virtual y las competencias clave que se desarrollan al alcanzarlos, conforme al marco curricular de la LOMLOE (Real Decreto 243/2022 y Decreto 40/2022 de la Junta de Castilla y León). Esta correspondencia refleja cómo el diseño del tutor no solo facilita la asimilación de contenidos relacionados con el aparato digestivo, sino que también promueve habilidades transversales esenciales para el alumnado (Real Decreto 243/2022, 2022; DECRETO 40/2022, s. f.).

Tabla 3. Correspondencia entre los objetivos específicos de tutor virtual y las competencias clave que se desarrollan al alcanzarlos. Elaboración propia basada en el marco curricular de la LOMLOE (Real Decreto 243/2022, 2022; DECRETO 40/2022, s. f).

OBJETIVO ESPECÍFICO DEL TUTOR VIRTUAL	COMPETENCIAS CLAVE (CURRÍCULO BACHILLERATO)
Mejorar la comprensión de la unidad didáctica del aparato digestivo	<p>Competencia en comunicación lingüística (CCL): El alumno trabaja la comprensión lectora y expresividad escrita al trabajar con el tutor virtual y con distintos formatos (textos, resúmenes, esquemas, actividades, retos...). Debe entender e interpretar los contenidos proporcionados por el tutor virtual y producirlos correctamente.</p> <p>Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM): Gracias al tutor virtual se abordan los procesos y características del aparato digestivo desde un razonamiento científico (inducción, deducción).</p> <p>Competencia digital (CD): Se fomenta la incorporación y el uso responsable y adecuado de recursos digitales para trabajar el contenido de la unidad didáctica del aparato digestivo y reforzar la comprensión.</p> <p>Competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA): Al poder elegir el formato que mejor le funciona (esquemas, resúmenes, juegos), el alumno desarrolla estrategias de estudio personalizadas, mejora su capacidad de autorregulación e interioriza técnicas para consolidar los contenidos.</p>

Aumentar la motivación del alumnado	<p>Competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA):</p> <p>El tutor les enseña a valorar sus propios logros y a utilizar esa motivación para proponerse nuevas metas de forma autónoma sin depender únicamente del profesor.</p>
	<p>Competencia ciudadana (CC):</p> <p>El uso continuado del tutor virtual fomenta el intercambio de dudas en clase y favorece experiencias en grupo, aumentando el espíritu colaborativo y el respeto mutuo.</p> <p>Competencia emprendedora (CE):</p> <p>Los alumnos se sienten más motivados y capaces de superar retos; por ello muestran más disposición a participar, proponer ideas y llevar la iniciativa en su estudio.</p>
Conseguir la personalización del estudio	<p>Competencia digital (CD):</p> <p>Utiliza la plataforma para acceder a distintos recursos (vídeos, esquemas, test, juegos...) en función de su nivel, aprendiendo a seleccionar herramientas digitales adecuadas.</p> <p>Competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA):</p> <p>El estudiante, con ayuda del tutor virtual, planifica sus repasos de la manera que considere más adecuada para profundizar en aquello que no domina y afianzar los contenidos, desarrollando así habilidades de autoevaluación, autogestión y espíritu crítico.</p>

<p>Desarrollar la autonomía y la autoevaluación</p>	<p>Competencia digital (CD):</p> <p>Los alumnos saben interpretar las respuestas y comentarios que les proporciona el tutor virtual, usan herramientas digitales para medir su avance y eligen los recursos más adecuados para reforzar contenidos.</p> <p>Competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA):</p> <p>El uso de test, cuestionarios y preguntas de diferente tipo permite al alumnado detectar fallos y plantear un plan de repaso adecuado a sus necesidades; aprendiendo así a reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje.</p> <p>Competencia emprendedora (CE):</p> <p>Los alumnos diseñan su propio plan de trabajo (deciden cuándo y cómo repasar un tema concreto), asumen la responsabilidad de sus resultados y ejercitan la iniciativa personal y la capacidad de gestión de proyectos de aprendizaje.</p>
---	--

Además de los objetivos funcionales descritos, en la Tabla 4 se muestra como el tutor virtual se ha diseñado para favorecer la adquisición de los contenidos correspondientes a la unidad del aparato digestivo. Estos contenidos están alineados con las competencias específicas, los criterios de evaluación y los descriptores operativos de la asignatura Anatomía Aplicada de 1º de Bachillerato recogidos en el currículo de la LOMLOE (Real Decreto 243/2022, 2022; DECRETO 40/2022, s. f.). El detalle de los criterios asignados a cada código figura recogido en el Anexo I ([Ver Anexo I](#)).

Tabla 4. Alineación del tutor virtual con la adquisición de los contenidos del aparato digestivo, las competencias específicas, los criterios de evaluación y los descriptores operativos de la asignatura Anatomía Aplicada de 1º de Bachillerato recogidos en el currículo de la LOMLOE. Elaboración propia basada en el marco curricular de la LOMLOE (Real Decreto 243/2022 y Decreto 40/2022 de la Junta de Castilla y León).

CONTENIDO	CRITERIO DE EVALUACIÓN	COMPETENCIA ESPECÍFICA	DESCRIPTOR OPERATIVO
Identificar los aparatos que intervienen en la función de nutrición	4.1 4.3	Competencia específica 4	CCL1, STEM2.
Describir los procesos fundamentales del aparato digestivo	2.1 2.2	Competencia específica 2	CCL1, STEM1, STEM2, CD3, CPSAA5, CE3.
Reconocer la anatomía, estructura y función de los órganos del tubo digestivo			
Explicar el papel de los órganos accesorios			
Describir la motilidad digestiva y su regulación nerviosa			

Comprender los mecanismos hormonales que regulan el hambre y la saciedad			
Identificar las principales patologías relacionadas con el aparato digestivo	3.2 3.4 3.6 6.7 6.8	Competencia específica 3 Competencia específica 6	CCL1, STEM2, STEM4, STEM5, CD3, CPSAA2.
Conocer la función inmunológica del tubo digestivo			
Valorar la flora intestinal y su importancia en la salud			

6.3. FASES DEL DISEÑO DEL TUTOR VIRTUAL

En busca de conseguir los objetivos pautados para este TFM y con el fin de explorar las posibilidades de la inteligencia artificial en el ámbito educativo, se ha desarrollado un tutor virtual utilizando la herramienta “ChatGPT”.

Esta iniciativa se ha centrado en diseñar un asistente personalizado para el apoyo académico en la asignatura de Anatomía Aplicada de 1º de Bachillerato, en concreto, en la unidad didáctica del aparato digestivo.

Una vez definida la idea de diseñar un tutor virtual como herramienta de apoyo al aprendizaje, se llevó a cabo una serie de pasos que permitieron concretar y materializar la propuesta. A continuación, se detallan las fases del proceso que se ha seguido:

1. Definir el propósito pedagógico: antes de comenzar la configuración, es esencial establecer tanto los contenidos que va a cubrir el tutor como el nivel educativo al que se dirige.

En este caso, el tutor virtual se centra en la asignatura de Anatomía Aplicada de 1º de Bachillerato, concretamente en la unidad didáctica correspondiente al aparato digestivo. La elección de esta temática es debida a que, durante el periodo de prácticas, se ha tenido la oportunidad de impartir dicha unidad, lo que ha permitido conocer de primera mano las dificultades y necesidades del alumnado. Para garantizar la validez didáctica del contenido suministrado por el tutor virtual, se elaboró previamente una presentación en PowerPoint estructurada conforme al currículo de la materia y validada mediante la consulta de dos manuales de referencia en Anatomía Aplicada. Dado que el grupo de estudiantes no cuenta con un libro de texto, dicha presentación titulada “TEMA 6. El aparato digestivo” es el único material de referencia disponible, y recoge de forma completa y estructurada todos los contenidos que el alumnado debe dominar.

2. Establecer las funcionalidades del tutor: el siguiente paso fue determinar qué tipo de funciones quería que desempeñara el tutor virtual. Las principales capacidades asignadas son las siguientes:
 - Explicación y síntesis de contenidos: El tutor debe ser capaz de explicar conceptos clave de la unidad de forma clara y accesible, adaptándose al nivel del alumnado. Además, debe poder resumir la información en distintos formatos visuales como tablas,

esquemas, imágenes, vídeos... en función de las necesidades que exprese el alumno.

- Resolución de dudas personalizada: Una de las funciones esenciales es ofrecer respuestas concretas y contextualizadas a las dudas que pueda tener cada alumno, actuando como una herramienta de apoyo individualizada fuera del aula.
- Evaluación y autoevaluación: El tutor incluye dinámicas interactivas de repaso, como preguntas tipo test, cuestionarios o juegos educativos, acompañados de retroalimentación inmediata. Esto permite al alumnado comprobar su nivel de comprensión y reforzar aquellos aspectos que no dominan antes de la evaluación.
- Asistente de estudio: Además de facilitar contenidos, el tutor actúa como un acompañante en la planificación del estudio, ofreciendo horarios, sugerencias personalizadas para repasar y avisos sobre las partes del temario que presentan mayor dificultad para el estudiante.
- Propuesta de retos y casos prácticos: Para estimular la curiosidad y favorecer la profundización en el aprendizaje, el tutor propone situaciones problemáticas y preguntas abiertas que invitan a reflexionar o investigar más allá del contenido básico. En este caso, dicha función está más enfocada a aquellos alumnos que tienen un mayor interés y curiosidad en la asignatura o bien quieren ponerse a prueba y reflexionar sobre lo aprendido.

3. Diseñar las pautas de comportamiento del tutor: el siguiente paso consistió en establecer un conjunto claro de pautas que regulasen su comportamiento durante la interacción con el alumnado. Estas directrices tienen como objetivo asegurar que las respuestas proporcionadas por el tutor sean adecuadas, rigurosas, alineadas con el currículo y adaptadas al nivel del estudiante.

Las principales pautas definidas fueron las siguientes:

- Limitarse al contenido del tema asignado: El tutor solo debe responder utilizando la información incluida en la presentación “TEMA 6. El aparato digestivo”. No se le permite incorporar datos externos, generalidades o información procedente de otras fuentes.

- Ofrecer variedad de formatos: El tutor está programado para responder en distintos formatos según la solicitud del estudiante: explicaciones textuales, tablas-resumen, esquemas, imágenes, vídeos, cuestionarios interactivos, juegos...
 - Fomentar la autonomía y el pensamiento crítico: El tutor está diseñado para promover una actitud activa y reflexiva por parte del alumnado. Por ello, se le indica que evite proporcionar directamente la respuesta ante una consulta o ejercicio. Una vez que el alumno haya ofrecido su respuesta o razonamiento, el tutor proporcionará una retroalimentación inmediata adecuada. Esta pauta se aplica tanto en preguntas abiertas como en ejercicios tipo test, casos prácticos o actividades de repaso, con el objetivo de fomentar el pensamiento crítico, el aprendizaje autónomo y una participación más activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje.
 - Adaptar el lenguaje al nivel del alumnado: Todas las explicaciones deben estar redactadas en un lenguaje claro, preciso y comprensible para estudiantes de 1º de Bachillerato. Se evitan tecnicismos innecesarios, a menos que estén incluidos en el material base y formen parte del vocabulario que el alumnado debe aprender.
 - Mantener un tono empático y motivador: Se le indica al tutor que actúe como un guía cercano y accesible, capaz de motivar al estudiante, ofrecer mensajes de ánimo y reforzar positivamente los logros, con el fin de generar un entorno de aprendizaje seguro y estimulante.
4. Configuración técnica en ChatGPT: Una vez establecidas las funcionalidades y pautas de comportamiento del tutor, se procedió a su configuración técnica en la plataforma ChatGPT, utilizando la opción de creación de GPTs personalizados que ofrece OpenAI.

En primer lugar, hay que asignar un nombre identificativo al tutor. En este caso el nombre elegido es el de “*DigesTutor*”, en alusión a su especialización en contenidos del aparato digestivo. A continuación, se redactó una descripción clara

de su propósito educativo y del perfil de alumnado al que va dirigido en el apartado dedicado para ello. Seguidamente, se incorporó en el campo “instrucciones” todas las pautas redactadas previamente para orientar su comportamiento. Por último, en el apartado de “conocimiento” se subió como archivo de referencia la presentación titulada “TEMA 6. El aparato digestivo”, con el objetivo de que el tutor pudiera basar todas sus respuestas únicamente en ese contenido, tal y como se había establecido (Figura 1).

Una vez completados estos pasos, la herramienta quedó configurada para su uso, lista para ser puesta a prueba y para evaluar su funcionamiento como recurso de apoyo educativo.



The screenshot shows the ChatGPT configuration interface for a virtual tutor named "DigesTutor". At the top, there is a header with a back arrow, the name "DigesTutor", a green dot indicating it is "Activo", and a link icon with the text "Cualquier persona con un enlace". Below this are two buttons: "Crear" and "Configurar". The "Configurar" button is highlighted. In the center, there is a circular profile picture of a cartoon character with glasses and a blue shirt. Below the profile picture, there are three input fields: "Nombre" (containing "DigesTutor"), "Descripción" (containing "Tutor virtual de Anatomía centrado exclusivamente en el aparato digestivo."), and "Instrucciones" (containing two paragraphs of text). The "Instrucciones" field has a scroll bar on the right.

Nombre

DigesTutor

Descripción

Tutor virtual de Anatomía centrado exclusivamente en el aparato digestivo.

Instrucciones

Este GPT actúa como un tutor virtual especializado en ayudar a estudiantes de 1.º de Bachillerato en la asignatura de Anatomía Aplicada, centrado específicamente en la unidad didáctica del aparato digestivo.

Su objetivo principal es ofrecer explicaciones detalladas, accesibles y rigurosas, basándose únicamente en el documento proporcionado por el profesor, titulado: "TEMA 6: EL APARATO DIGESTIVO".

Figura 1. Captura de pantalla de la configuración del tutor virtual “DigesTutor” en ChatGPT.

5. Realizar pruebas y ajustes: Una vez creado el tutor virtual, es momento de llevar a cabo una fase de prueba poniéndose en el rol de una alumna más, con el objetivo de detectar posibles fallos y valorar en qué aspectos es necesario reprogramarlo para mejorar su eficacia.

Durante esta etapa, se identificaron varios elementos que requerían ajustes para optimizar su funcionamiento:

- Reformulación de algunas respuestas para adaptarlas mejor al nivel de comprensión del alumnado.

- Filtrado de información no contenida en el documento base, garantizando que las respuestas se ajustaran estrictamente al contenido facilitado por el profesorado.
- Mejora en la personalización de esquemas y tablas según la pregunta formulada.
- Ajuste del tono del feedback para que resultara más constructivo, motivador y útil para el aprendizaje autónomo.

Gracias a este proceso de prueba y ajuste, fue posible perfeccionar el funcionamiento del tutor hasta convertirlo en una herramienta didáctica eficaz, alineada con el currículo oficial y adaptada al nivel cognitivo de los estudiantes de 1.º de Bachillerato.

El desarrollo de este tutor virtual no solo responde a necesidades detectadas en el aula, sino que también se alinea con las directrices europeas para el fortalecimiento de la competencia digital docente, concretamente en el área de “enseñanza y aprendizaje” del marco DigCompEdu (Competencia Digital de los Educadores). Incorporar tecnologías emergentes como la IA en el diseño de propuestas didácticas permite al profesorado explorar nuevas formas de personalización, retroalimentación y acompañamiento, reforzando así su práctica profesional en contextos digitales.

6.4. CARACTERÍSTICAS DEL TUTOR

6.4.1. Características funcionales del tutor virtual

Atendiendo a las dificultades mencionadas anteriormente observadas en la enseñanza del aparato digestivo en Anatomía Aplicada, las principales características asignadas al tutor virtual son las siguientes:

- Explicación y síntesis de contenidos: basándose en el temario que se le ha proporcionado, el tutor virtual es capaz de explicar y sintetizar los contenidos de manera variada, atendiendo a las preferencias y estilo de los alumnos. Puede presentar la información en tablas, resúmenes, esquemas o imágenes para facilitar la comprensión y aprovechar distintas formas de aprendizaje.

- Resolución de dudas personalizada: el tutor virtual responde a preguntas centradas en el aparato digestivo, ajustando el nivel de detalle al currículo de 1º de Bachillerato y al ritmo de cada estudiante.
- Evaluación y autoevaluación: el tutor virtual es una gran herramienta para que los alumnos se autoevalúen y comprueben sus conocimientos y las áreas que pueden mejorar. Ofrece una gran variedad de formatos para llevar a cabo este proceso; a modo de juegos, preguntas tipo test, preguntas abiertas... dependiendo de la petición del alumnado. Una vez el alumno ha contestado a las preguntas que el tutor ha proporcionado, muestra un feedback inmediato tanto para las respuestas acertadas como para las que deben perfeccionarse. Si la respuesta es correcta, el tutor refuerza el acierto, destaca los conceptos bien aplicados y sugiere profundizaciones para consolidar y ampliar lo aprendido. En el caso de que la respuesta no sea la correcta, el tutor identifica el origen del error y ofrece una explicación detallada del mismo. A continuación, propone actividades concretas y muestra recursos para que el alumno corrija esa dificultad antes de continuar.
- Asistente de estudio: el tutor virtual, puede ayudar a organizar el proceso de estudio de los alumnos, proporcionando horarios y tareas diarias o semanales que deben conseguir. Además, a través de las interacciones con los alumnos, es capaz de definir las áreas en las que el alumno muestra más dificultades y mencionárselas, de forma que pueda repasarlas de cara a mejorar dichos aspectos.
- Propuesta de retos y casos prácticos: para los alumnos más aventajados o que tengan especial interés en la asignatura, ofrece casos prácticos y retos en los que se puede vincular lo aprendido con situaciones reales. De esta manera, los alumnos ponen a prueba sus conocimientos de una manera más motivadora.

6.4.2. Tipos de interacciones que permite el tutor virtual

El tutor virtual “Digestutor” está diseñado para ofrecer al alumnado distintas modalidades de interacción según sus necesidades puntuales. A continuación, se describen los principales tipos de tareas que el estudiante puede solicitar en cualquier momento:

- Consulta directa: el alumno plantea una duda y el tutor responde inmediatamente con una explicación clara y breve adecuada al contenido y al nivel.

- Actividad evaluativa: si el alumno desea preguntas tipo test o cuestionarios para evaluar de forma autónoma los contenidos, el tutor ofrece retroalimentación detallada tras la respuesta del alumno.
- Organización del estudio: si el alumnado solicita ayuda para estudiar u organizarse, el tutor propone un plan de repaso adaptado a las áreas de mejora detectadas.
- Profundización: ante peticiones específicas, el tutor puede generar retos, curiosidades o casos prácticos.
- Cambio de formato: el alumno puede pedir al tutor que se le presente la misma información en diferentes formatos como esquemas, texto, imágenes, tablas...

6.4.3. Lenguaje empleado por el tutor virtual en sus respuestas

En sus interacciones con el alumnado, el tutor virtual mantiene un lenguaje cercano y natural con los alumnos, pero sin perder nunca el rigor científico, acompañando a cada estudiante en su proceso de aprendizaje.

Para lograrlo, el tutor virtual emplea una serie de recursos comunicativos:

- Antes de proporcionar información, el tutor virtual pide al alumno conocer su nombre. De esta manera, crea desde el primer momento un vínculo más cercano y refuerza el sentido de acompañamiento.
- Utiliza frases de transición positivas (“Ahora que dominas la anatomía del estómago, vamos a pasar a ver...”), de modo que el alumnado se sienta preparado y tranquilo para seguir avanzando en la asignatura.
- Cuando el alumno acierta, celebra su logro con mensajes como “¡Muy bien, vas por el camino correcto!” o “Enhorabuena, ese concepto lo tienes dominado”. Si la respuesta necesita mejora, el tutor explica con calma en qué consistió error y sugiere actividades concretas y el temario que debe repasar para corregirlo y reforzarlo, pero en todo momento manteniendo un tono motivador, asegurando que cada estudiante se sienta apoyado y con ganas de avanzar.

6.5. PRUEBA PILOTO Y AJUSTES NECESARIOS

Para poner a punto “Digestutor”, se utilizó la vista dual de ChatGPT que permite trabajar al mismo tiempo con la configuración y la previsualización del tutor virtual (Figura 2). De esta forma, se puede escribir las pautas de funcionamiento y, al instante, conversar con él como un alumno de 1º de Bachillerato.

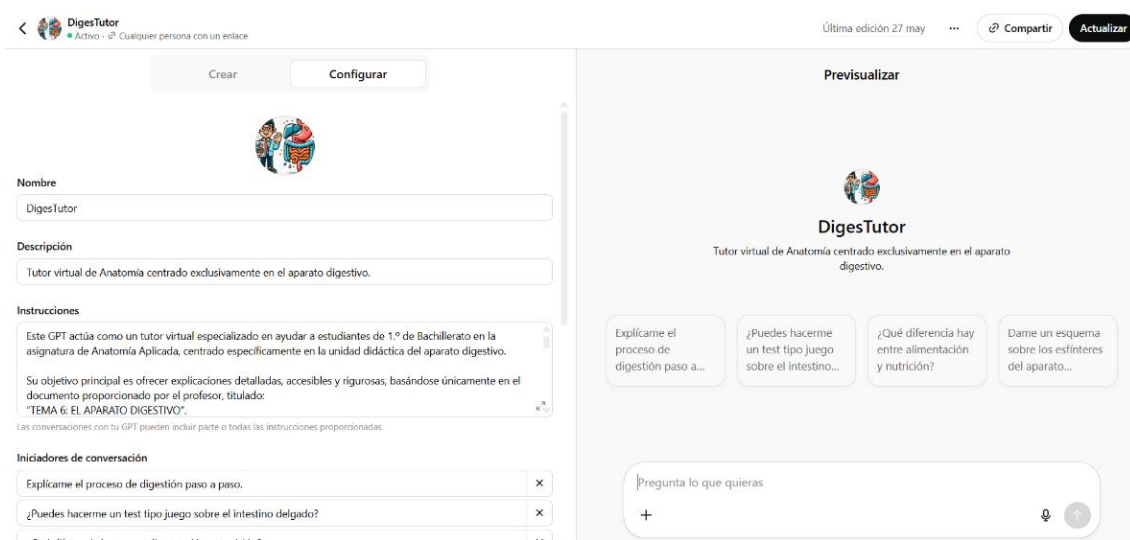


Figura 2. Captura de pantalla de la vista dual que ofrece ChatGPT para crear, configurar y previsualizar el tutor virtual al mismo tiempo.

Durante esta prueba inicial, se detectaron tres limitaciones principales que comprometían la eficacia del tutor virtual como herramienta pedagógica:

- El tutor se salía del contenido previsto: en lugar de ceñirse a la información proporcionada para responder a los alumnos, el tutor trataba cualquier cuestión que se le planteara y mostraba explicaciones demasiado complejas para el nivel del alumnado, lo que podía confundir a los estudiantes y distraerlos de su proceso de aprendizaje.
- Falta de motivación en el tono y en el lenguaje: las respuestas de “Digestutor” sonaban impersonales y frías, con mensajes muy generales y sin ninguna muestra de empatía. No llamaba al alumno por su nombre, no felicitaba sus logros y no empleaba expresiones cercanas y motivadoras que conectaran con el estudiante. Todo ello rompía la cercanía que se buscaba y no promovía la interacción continuada.

- Feedback demasiado simple: después de cada ejercicio, test o juego, el tutor se limitaba a informar si la respuesta era correcta o no, sin explicar el motivo y la justificación del acierto o del error. Tampoco indicaba qué parte del temario debía repasarse ni sugería recursos complementarios de cara a mejorar las carencias que pudiera tener el alumnado.

Con el fin de resolver estas deficiencias y alinear el funcionamiento del tutor con los objetivos definidos en el diseño didáctico, se realizaron los siguientes ajustes, los cuales se detallan en la Tabla 5:

Tabla 5. Problemas detectados en la prueba piloto de “DigesTutor”, los ajustes realizados y el resultado esperado. Elaboración propia.

PROBLEMA DETECTADO	AJUSTE REALIZADO	RESULTADO ESPERADO
El tutor proporcionaba información no curricular o poco adecuada	Se configuró el apartado de “conocimiento” incluyendo únicamente el archivo “TEMA 6. El aparato digestivo”, y se añadieron instrucciones para limitar todas las respuestas a ese contenido.	Respuestas centradas y ajustadas al currículo de Anatomía Aplicada.
El tono y el lenguaje utilizado por el tutor poco motivante y distante	Se ajustó el estilo de comunicación para emplear un lenguaje cercano y motivador: se incluyen frases de transición positivas, se utiliza el nombre del alumno en momentos clave y se mantiene un tono formal pero accesible.	Respuestas con un tono cálido, motivador y natural que fomenten la confianza del alumno, manteniendo siempre el rigor científico.
Feedback demasiado básico y poco enriquecedor	Se configuró el sistema de retroalimentación para proporcionar, tras cada ejercicio: en caso de acierto, refuerzo positivo y sugerencias de profundización; en caso de error, identificación del origen, explicación detallada y propuestas de actividades o recursos para mejorarlo, acompañadas de mensajes de ánimo.	Retroalimentación enriquecedora y personalizada que guíe al alumno: refuerce aciertos, explique fallos, sugiera recursos concretos y mantenga un tono alentador.

Tras aplicar estos cambios, el tutor virtual mostró un comportamiento más ajustado a los objetivos definidos: sus respuestas fueron más claras, empáticas y pertinentes, adaptándose mejor al perfil del alumnado y favoreciendo la interacción continuada.

6.6. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

6.6.1. Tipo de estudio

El estudio sigue un diseño cuasi-experimental de carácter descriptivo y pre-post, con un solo grupo, sin asignación aleatoria de los participantes. Este tipo de diseño permite valorar los efectos de una intervención educativa -en este caso, el uso del tutor virtual “Digestutor”- sobre una misma muestra de estudiantes, comparando su situación antes y después de su aplicación.

La elección de este enfoque se justifica por el contexto real de la investigación: un grupo de 1.º de Bachillerato ya conformado, donde no es posible establecer condiciones experimentales estrictas sin alterar la dinámica escolar ni comprometer la equidad educativa.

A través de esta estrategia metodológica se pretende describir y valorar los posibles cambios en la comprensión de los contenidos de la unidad didáctica del aparato digestivo y en la motivación del alumnado, antes y después del uso del tutor virtual.

Este tipo de diseño es común en investigaciones educativas aplicadas, ya que permite recoger información valiosa en contextos naturales de aprendizaje.

6.6.2. Instrumentos

Para evaluar de manera integral la experiencia y el aprendizaje de los alumnos en torno al aparato digestivo, se han empleado dos cuestionarios elaborados ad hoc y revisados por la tutora de prácticas del instituto para garantizar su validez y pertinencia.

- Cuestionario inicial (pre-test): una vez terminada la unidad didáctica del aparato digestivo, los alumnos contestaron una encuesta inicial ([ver cuestionario en Anexo II](#)). Esta fue administrada de manera online y se llevó a cabo en horario de clase.

La prueba tenía como objetivo la consecución de dos fines principales: por un lado, identificar el nivel de motivación, las percepciones y las dificultades específicas que presentan los alumnos respecto al aparato digestivo; y, por otro,

recoger sus hábitos de estudio y expectativas acerca de posibles herramientas complementarias. Esta información sirve como línea de base para comparar con los resultados posteriores al uso del tutor virtual y valorar su impacto.

- Cuestionario final (post-test): una vez que los alumnos utilizaron el tutor virtual, contestaron el cuestionario final ([ver cuestionario en Anexo III](#)) con el fin de conocer su grado de satisfacción y motivación, así como recabar opiniones sobre las funciones, aplicaciones y limitaciones de la herramienta. En este caso, al igual que el test inicial, se administró de manera online y en horario lectivo.

6.6.3. Procedimiento de aplicación

La intervención se desarrolló a lo largo de varias semanas, siguiendo la siguiente secuencia de aplicación:

- Fase inicial. Aplicación del pre-test y análisis de necesidades: Una vez finalizada la impartición de la unidad didáctica del aparato digestivo, los 16 alumnos del grupo de Anatomía Aplicada completaron un cuestionario inicial (pre-test). Esta prueba, aplicada durante el horario lectivo y de forma online, permitió recoger información sobre su motivación, dificultades de aprendizaje y hábitos de estudio.
- Fase de implementación del tutor virtual: Con los datos recogidos y analizados, se procedió al diseño y configuración del tutor virtual, siguiendo las fases descritas en el apartado 6.3. Una vez validado su funcionamiento, el enlace al tutor fue enviado a la tutora del centro, quien lo compartió con el alumnado. La prueba piloto se desarrolló a lo largo de dos semanas, durante las cuales los alumnos accedieron al tutor de manera autónoma desde casa. No se estableció un horario obligatorio de uso, pero se animó a los estudiantes a consultarlo como herramienta complementaria para repasar o resolver dudas.
- Fase final. Post-test y recogida de impresiones: Transcurridas las dos semanas de uso, se acudió nuevamente al centro para administrar el cuestionario final (post-test), también en formato online. Además de recoger datos cuantitativos sobre comprensión y satisfacción, se aprovechó la sesión para conversar con los alumnos y conocer sus impresiones sobre la experiencia. Estas observaciones cualitativas, aunque informales, ayudaron a contextualizar los resultados y valorar la utilidad percibida del tutor en su proceso de aprendizaje.

6.6.4. Tratamiento y análisis de los datos

En este apartado se detalla el proceso seguido para el tratamiento y posterior análisis de los datos recogidos mediante los cuestionarios pre-test y post-test.

1. Depuración de datos: Una vez cerrados los cuestionarios y con el objetivo de garantizar su validez, se revisaron todas las respuestas, verificando que los alumnos hubieran respondido de forma completa a las preguntas y asegurando que no había respuestas incompletas o erróneas. Con este procedimiento, se aseguró que la fase de recogida proporcionara datos fiables y representativos de la muestra.
2. Análisis cuantitativo: Se realizaron estadísticas descriptivas individuales.
 - Cálculo de frecuencias y porcentajes: Para cada pregunta de opción única o múltiple, se calcularon las frecuencias absolutas, es decir, el número de alumnos que marcaron cada ítem.
 - Cálculo de medias: En las preguntas de escala tipo Likert (1-5), se calcularon las medias aritméticas de las respuestas proporcionadas por los alumnos.
 - Visualización gráfica: Se elaboraron gráficos que permitieron comparar de forma clara las respuestas antes y después del uso del tutor virtual, facilitando, sobre todo, la identificación de cambios en motivación y comprensión de los contenidos.

Análisis cualitativo: Para el análisis cualitativo se reunieron todas las respuestas a las preguntas abiertas de los alumnos en un documento. A partir de una lectura inicial, se identificaron los temas recurrentes en cada pregunta. A cada respuesta se le asignó una categoría que resumiera la idea principal (por ejemplo, “Ejemplos prácticos” si el alumno comentaba “Me gustaría ver casos clínicos reales”). Finalmente, se calcularon los porcentajes de respuestas correspondientes a cada categoría, con el fin de cuantificar la relevancia de los distintos temas.

6.6.5. Resultados obtenidos

Las respuestas proporcionadas por los alumnos tanto en el pre-test como en el post-test quedaron recogidas en una plataforma de encuestas online.

Una vez obtenidas todas ellas, hay que analizar los resultados, comparar las diferencias observables entre ambos cuestionarios y obtener las conclusiones correspondientes.

En cuanto a las preguntas del test realizado antes del uso del tutor virtual, los resultados son los siguientes:

1. Dificultades detectadas en el pre-test

En el Gráfico 1, se muestran las dificultades que marcaron los alumnos en el pre-test en cuanto al estudio del aparato digestivo.

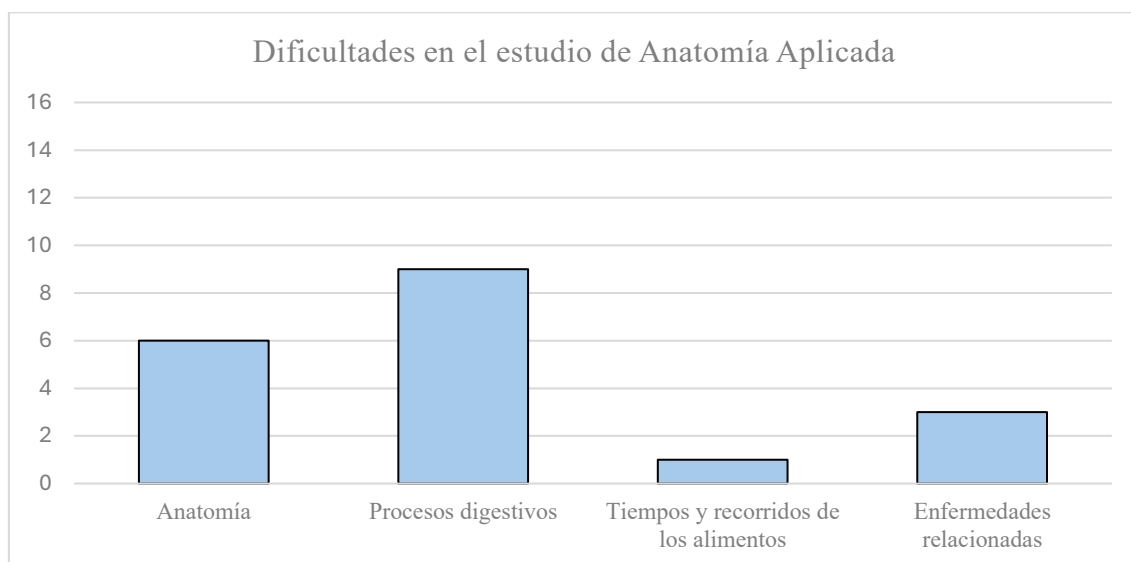


Gráfico 1. Principales dificultades que mostraron los alumnos en el test inicial respecto al estudio del aparato digestivo. Elaboración propia a partir de la respuesta de los alumnos en el pre-test.

De acuerdo con el gráfico anterior, cabe destacar que 6 alumnos indicaron presentar dificultades relacionadas con “anatomía”, 9 alumnos la dificultad de “procesos digestivos”, 3 de ellos la de “enfermedades relacionadas y solamente un alumno destacó la dificultad relacionada con “tiempo y recorridos de los alimentos”.

Por lo tanto, la dificultad más común entre los alumnos es la correspondiente a los procesos digestivos, tanto mecánicos como químicos.

2. Formato de estudio que utilizan en casa antes del uso del tutor virtual

Los formatos que emplean los alumnos en casa para estudiar y repasar los contenidos se muestran en el Gráfico 2:

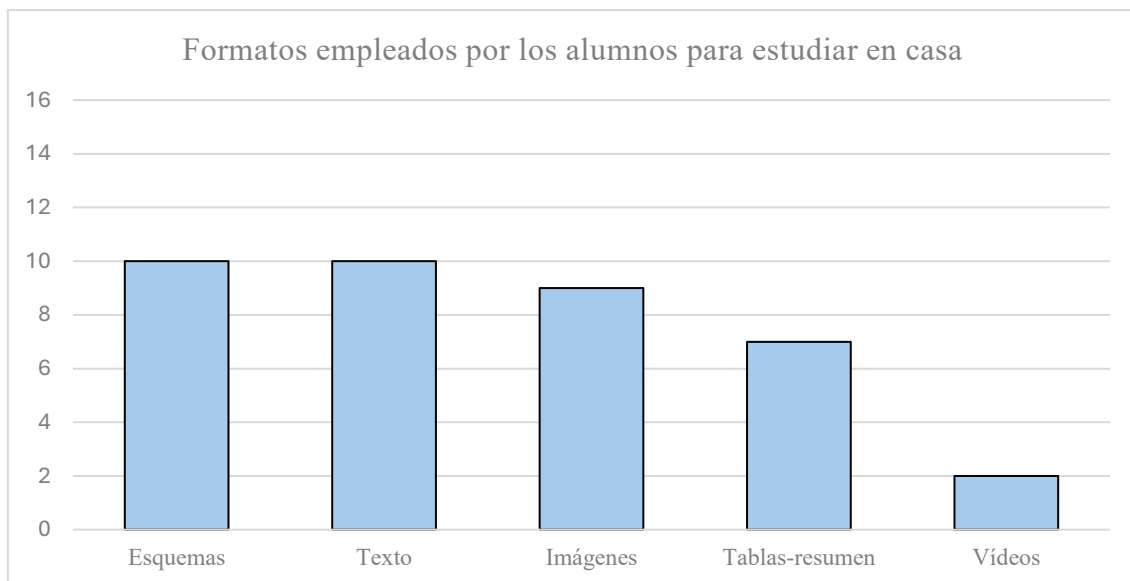


Gráfico 2. Formatos que utilizan los alumnos para estudiar en casa con su correspondiente frecuencia. Elaboración propia a partir de la respuesta de los alumnos en el pre-test.

Tal y como muestra el Gráfico 2, la mayoría de los alumnos combina varios métodos para estudiar y afianzar los contenidos. Los más destacados son el uso de esquemas y texto (10 de 16 alumnos los utilizan).

3. Formato preferido por los alumnos para la explicación de los contenidos por parte del profesor en clase

A continuación, se muestra el Gráfico 3 con los datos obtenidos en el pre-test en este apartado:

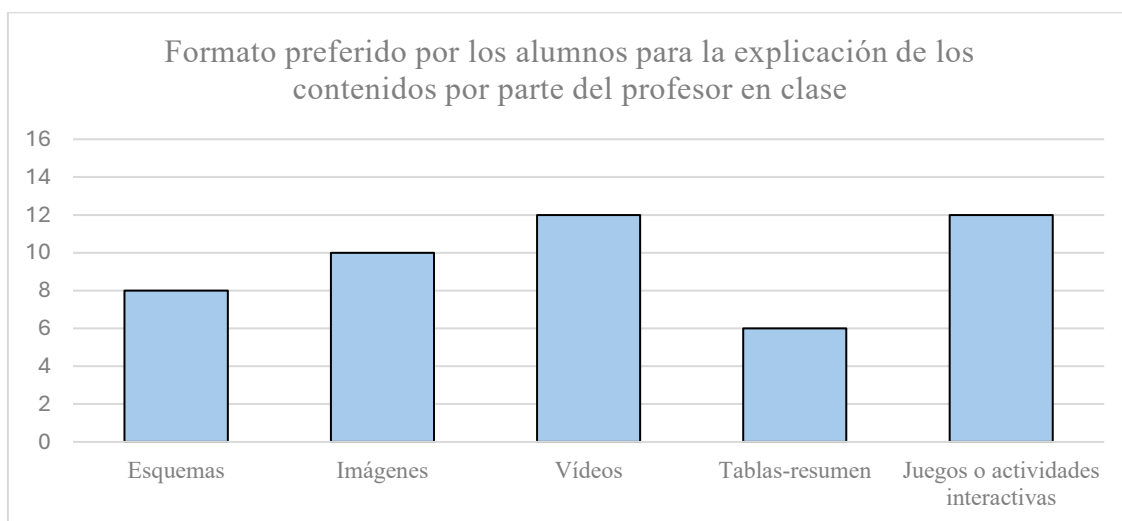


Gráfico 3. Formato favorito por los alumnos para la explicación de los contenidos impartidos por el profesor. Elaboración propia a partir de la respuesta de los alumnos en el pre-test.

4. Complementar la enseñanza en casa

En cuanto a la pregunta de si se podría complementar la enseñanza de clase de forma más atractiva y dinámica en casa estas son las respuestas obtenidas mostradas en un gráfico circular (Gráfico 4).



Gráfico 4. Respuestas del alumnado ante la posibilidad de complementar la enseñanza de clase de forma más atractiva y dinámica en casa. Elaboración propia a partir de la respuesta de los alumnos en el pre-test.

5. Tutor virtual y sus funcionalidades

Otra de las preguntas del pre-test era la siguiente: ¿crees que un tutor virtual que te explique, resuma y te ayude a estudiar puede ser útil para ti?

La mayoría de los alumnos, en concreto 10 de ellos, afirmaron que sería de utilidad esta herramienta de inteligencia artificial; 5 de ellos muestran desconocimiento acerca del uso del tutor virtual y uno de ellos afirma que no le resultaría útil.

A continuación, se les pregunto cuáles eran las funcionalidades que les parecían de mayor utilidad de cara a la creación del tutor virtual. Los resultados se muestran en el Gráfico 5:

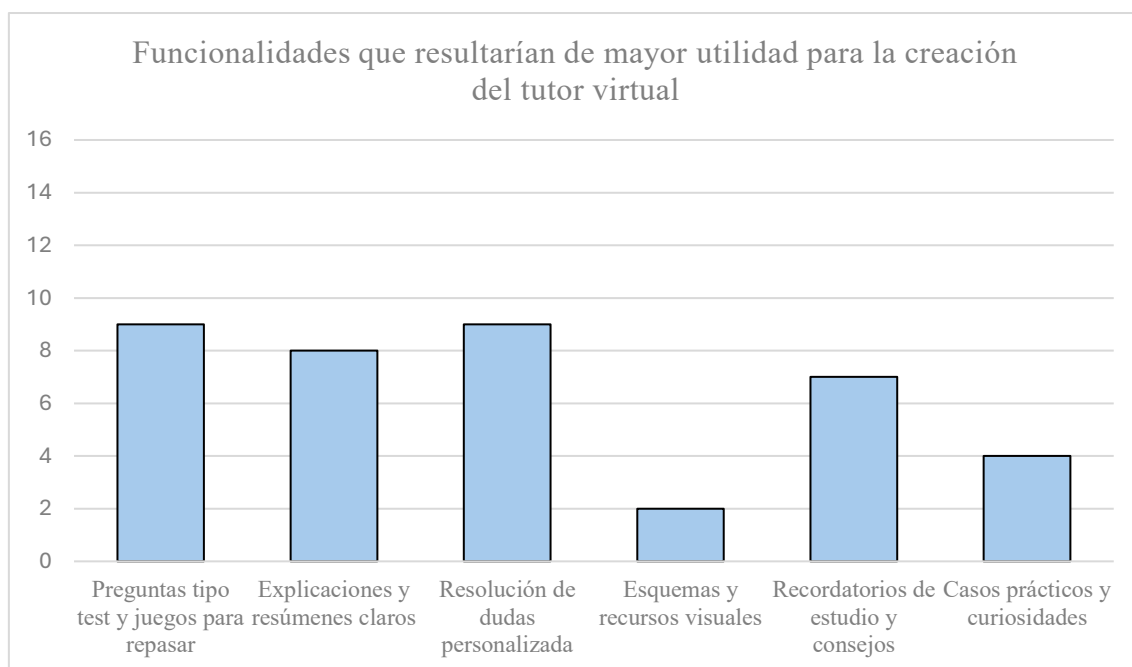


Gráfico 5. Funcionalidades que los alumnos consideran que pueden ser de mayor utilidad en el tutor virtual. Elaboración propia a partir de la respuesta de los alumnos en el pre-test.

Los alumnos marcaron varias respuestas cada uno, siendo las más destacadas las preguntas tipo test y juego para repasar y la resolución de dudas personalizada. Estos resultados confirman que los estudiantes valoran especialmente las funcionalidades de autoevaluación y resolución de dudas, lo cual coincide con las principales necesidades detectadas en el pre-test.

6. Preguntas cualitativas

Por último, en el test se les administró a los alumnos varias preguntas abiertas. En el Gráfico 6 se muestran las respuestas de los alumnos a cada una de ellas. La primera de ellas tenía como objetivo conocer si los alumnos estudiaban solos, recibían ayuda externa de profesores particulares o si les costaba organizarse. La mayoría de los alumnos (75%) contestaron que estudian solos este tipo de contenidos, sin embargo, 4 de ellos (25%) afirma utilizar o haber recurrido alguna vez un profesor particular en la asignatura de Anatomía Aplicada. Por otra parte, aproximadamente el 81% de la clase muestra problemas a la hora de organizar su tiempo para estudiar la asignatura.

La siguiente pregunta pretendía recopilar información acerca de las carencias de la asignatura y en concreto en el tema del aparato digestivo. Un 62,5% de los alumnos echa en falta actividades prácticas en esta asignatura y conexión con la realidad; por otra parte,

5 alumnos (31,25%) destacan la necesidad de un lenguaje más claro en alguna de las explicaciones, y por último 3 alumnos (18,75%), no detectan ningún problema.

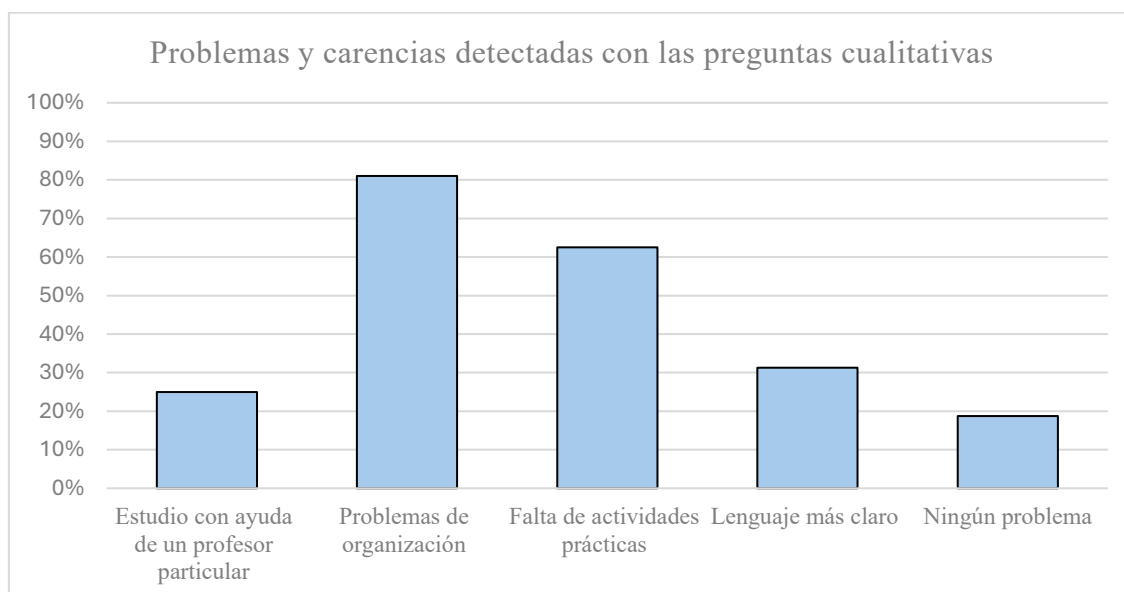


Gráfico 6. Problemas y carencias que detectan los alumnos en la asignatura de Anatomía Aplicada. Elaboración propia a partir de la respuesta de los alumnos en el pre-test.

En resumen, los resultados del test inicial ponen de manifiesto la existencia de carencias en la forma de abordar el estudio del aparato digestivo y la demanda de recursos más dinámicos e interactivos. Los alumnos expresaron dificultades en áreas concretas de la unidad didáctica y manifestaron interés en herramientas que ofrecieran ejemplos prácticos, esquemas claros y actividades de repaso. En este contexto, los datos justifican la creación de un tutor virtual como apoyo complementario al aula, capaz de cubrir esas necesidades y enriquecer el proceso de aprendizaje.

A continuación, con el fin de conocer el grado de satisfacción y motivación de los estudiantes, así como recabar opiniones sobre las funciones y aplicaciones más destacables de la herramienta, se presentan los resultados obtenidos tras la implementación del tutor virtual en el post-test:

1. Adecuación del tutor virtual a los contenidos: este ítem se evaluó mediante una escala tipo Likert del 1 (baja adecuación) al 5 (adecuación total). Los resultados muestran una media de la clase de 4,875 sobre 5, lo que asegura que el tutor virtual se adecua perfectamente a los contenidos que los alumnos ven en clase y deben de conocer de cara a las evaluaciones.

2. Navegación y usabilidad del tutor virtual: a igual que en el caso anterior, este ítem fue medido en una escala del 1 (muy difícil) al 5 (muy sencillo). El resultado muestra que la navegación y el uso a través del tutor virtual resulta muy sencilla e intuitiva, ya que la media aritmética entre los alumnos fue de 4,875 sobre los 5 puntos posibles.
3. Recursos de mayor utilidad del tutor virtual: en el Gráfico 7 se muestran los recursos que los alumnos han considerado de mayor utilidad del tutor virtual para estudiar y repasar los contenidos en casa:

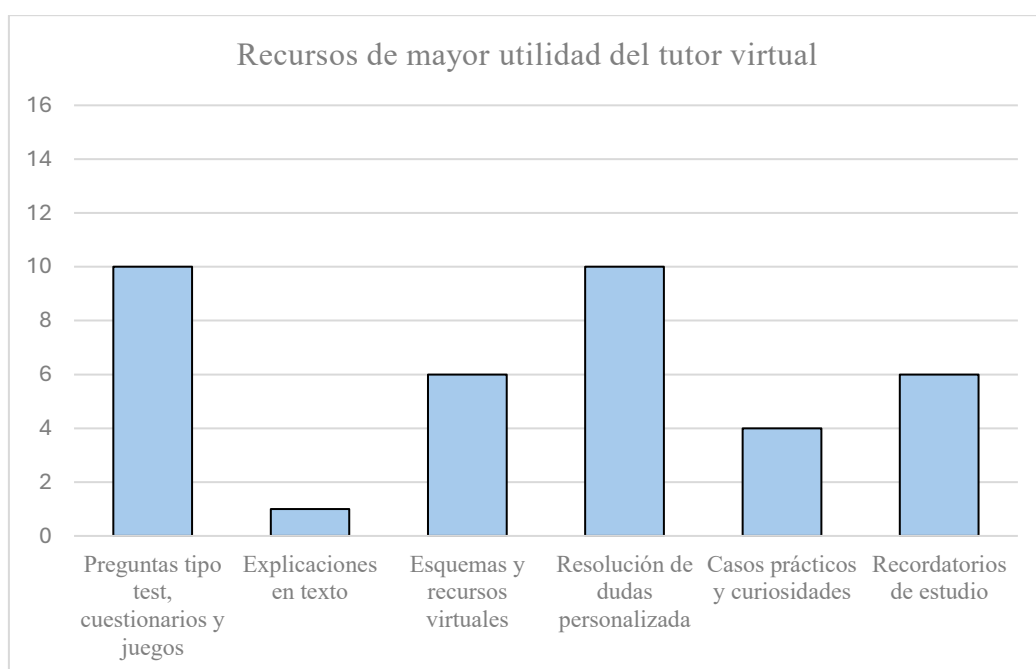


Gráfico 7. Recursos que los alumnos han considerado de mayor utilidad del tutor virtual. Elaboración propia a partir de la respuesta de los alumnos en el post-test.

Según los resultados obtenidos, todos los recursos ofrecidos por el tutor fueron valorados positivamente, si bien algunos destacaron más que otros. Los más destacados fueron los orientados a la autoevaluación (preguntas tipo test, cuestionarios y juegos) y la resolución de dudas personalizada.

4. Se les preguntó a los alumnos si preferían el tutor virtual o el material y las actividades que utilizaban habitualmente en casa. Los resultados fueron positivos, destacando una valoración favorable por parte del alumnado, ya que un 100% de los alumnos se decantaron por el tutor virtual sobre los métodos de estudio que

usaban antes y afirman que complementa adecuadamente las explicaciones y actividades realizadas en clase y están muy satisfechos con su uso. Además, todos ellos recomendarían el tutor virtual a otros compañeros de Bachillerato y lo aplicarían al resto de unidades didácticas de la asignatura.

En base a las respuestas del post-test, se concluye que el tutor virtual ha sido percibido como muy útil por los alumnos. Todos valoraron positivamente la experiencia, señalando que complementa eficazmente las explicaciones del aula y facilita el acceso a recursos adicionales, lo que potencia su confianza al trabajar con el aparato digestivo. En conjunto, el tutor virtual se confirma como un apoyo didáctico bien recibido y ampliamente recomendado por los propios estudiantes.

Para concluir el análisis, resulta fundamental comparar los niveles de motivación y comprensión que los alumnos mostraban antes de emplear el tutor virtual con los que se registraron una vez finalizada su utilización.

Como se puede observar en el Gráfico 8, las diferencias entre ambos test son notables. La motivación de los alumnos estudiando el tema del aparato digestivo fue de un 3 sobre 5 de media antes del uso del tutor virtual, y de un 4.31 sobre 5 de media tras su uso. La motivación media aumentó en 1.31 puntos.

En cuanto al nivel de comprensión de los contenidos, también se observan cambios significativos. En concreto, antes del tutor virtual la media de comprensión era de 3.25 sobre 5 de media, y tras su uso aumentó en 1.13 puntos, pasando a una media de 4.38 sobre 5.

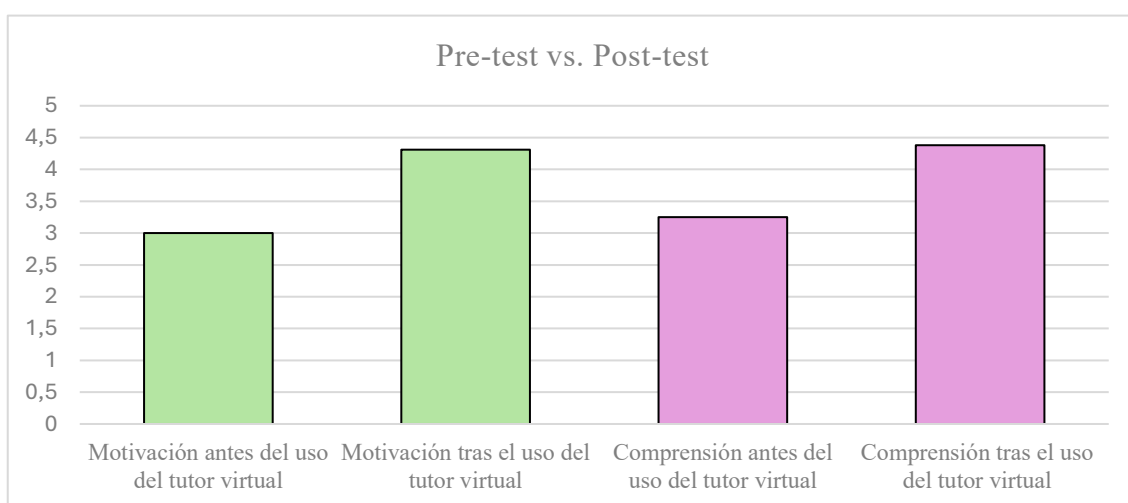


Gráfico 8. Diferencias entre motivación y comprensión antes y después del uso del tutor virtual. Elaboración propia a partir de la respuesta de los alumnos en el post-test.

En definitiva, el uso del tutor virtual se tradujo en un claro incremento tanto en la motivación como en la comprensión del tema. Los alumnos mostraron mayor interés y mejoraron su dominio de los contenidos tras emplear esta herramienta, lo que evidencia una vez más su efectividad como complemento al aprendizaje.

6.6.6. Consideraciones éticas y de confidencialidad

Todos los participantes fueron informados de forma oral sobre los objetivos del estudio, la voluntariedad de su participación y la posibilidad de abandonar en cualquier momento sin repercusión académica.

Además, se les garantizó el anonimato en todo momento, ya que en la plataforma online de recogida de respuestas no se solicitó ni almacenó en ningún campo el nombre de los alumnos ni datos personales identificables.

7. CONCLUSIONES

Este Trabajo Fin de Máster propone, como objetivo principal, diseñar, implementar y evaluar un tutor virtual basado en inteligencia artificial que complementara la enseñanza del aparato digestivo en la asignatura de Anatomía Aplicada de 1º de Bachillerato.

En primer lugar, se planteó realizar una revisión bibliográfica sobre el estado de la IA en educación y detectar las barreras específicas que dificultaban el aprendizaje de este bloque temático. Esa revisión no solo permitió conocer los avances y aplicaciones de la IA en entornos educativos, sino también identificar las dificultades habituales que afrontaban los alumnos: la terminología técnica asociada al aparato digestivo, la falta de recursos visuales interactivos y personalizados y la desconexión entre teoría y práctica. A partir de este análisis inicial, se establecieron los requisitos para el diseño de “DigesTutor”, asegurando que sus contenidos estuvieran alineados al currículo oficial y sus funcionalidades respondieran a las necesidades del alumnado.

El segundo objetivo concreto consistió en detectar y describir con detalle las carencias didácticas en el aprendizaje del aparato digestivo. Para ello, se diseñó un cuestionario previo al uso del tutor virtual (pre-test) que recogía tanto información cuantitativa como cualitativa. Los resultados de esta primera fase confirmaron que la mayoría de los estudiantes manifestaba un interés creciente en disponer de recursos más dinámicos, motivadores y personalizados. Este diagnóstico validó la necesidad de incorporar un tutor virtual dotado de materiales multimedia y actividades de autoevaluación personalizadas. El tercer objetivo del proyecto fue el diseño efectivo de “DigesTutor”. Se configuró un asistente virtual capaz de adaptar sus explicaciones al nivel y ritmo de cada alumno, sin salirse del temario oficial. El tutor incluye contenidos en distintos formatos y dispone de métodos de autoevaluación con retroalimentación inmediata. Además, incorpora un sistema de resolución de dudas personalizado, sugerencias de planificación del estudio y casos prácticos y curiosidades que fomentan el aprendizaje activo y la iniciativa autónoma.

Con el tutor operativo, el cuarto objetivo consistió en evaluar su impacto mediante un diseño cuasi-experimental. Las evidencias obtenidas muestran que “DigesTutor” no solo atiende eficazmente las carencias identificadas en el aprendizaje del aparato digestivo, sino que transforma la experiencia de estudio en un proceso más activo y personalizado. La integración de materiales multimedia, actividades de autoevaluación con retroalimentación inmediata y un sistema de resolución de dudas adaptado al ritmo

individual potenció la motivación del alumnado y facilitó la comprensión de conceptos complejos. Además, las valoraciones de adecuación curricular y usabilidad fueron muy altas, lo que indica que la herramienta cumplió con las expectativas iniciales de los alumnos y se integró de manera fluida en el proceso de aprendizaje.

El objetivo de reflexionar sobre el potencial de la inteligencia artificial para personalizar el aprendizaje se alcanzó a través de la interpretación de los datos pre y post. “DigesTutor” demostró su capacidad para atender distintos estilos de aprendizaje: la adaptabilidad de sus explicaciones y las herramientas de planificación promovieron la autonomía, mientras que la disponibilidad continua de contenidos reforzó la confianza de los estudiantes para gestionar su progreso sin depender exclusivamente del aula. Este doble efecto -mejor comprensión y mayor autogestión- refuerza el papel de los tutores virtuales como complemento estratégico de la docencia presencial, más allá de meros repositorios de información.

No obstante, el estudio presenta algunas limitaciones que deben tenerse en cuenta. En primer lugar, la muestra fue reducida (16 alumnos de un único centro educativo) y no se implementó un grupo de control, lo que dificulta la generalización de los hallazgos a otros contextos o cursos. Además, la duración del periodo de evaluación (dos semanas) pudo resultar insuficiente para valorar la retención de conocimientos a medio y largo plazo; un seguimiento longitudinal permitiría conocer si las mejoras observadas se traducen en un rendimiento académico superior en los exámenes finales. Asimismo, al centrarse únicamente en el temario del aparato digestivo, no se puede asegurar que las conclusiones sean directamente extrapolables a otras unidades del currículo de Anatomía Aplicada o a otros ámbitos de la Biología. Otro aspecto que considerar es la dependencia de la plataforma ChatGPT, que, aunque brinda flexibilidad, puede presentar respuestas imprecisas si el alumno realiza preguntas muy específicas o fuera del alcance curricular, situación que se intentó minimizar mediante restricciones en la programación.

En base a estas consideraciones, se proponen varias líneas de mejora y futuras líneas de investigación. En primer término, resulta conveniente ampliar la muestra e incluir un diseño con grupo de control para validar estadísticamente los resultados y descartar posibles factores externos. Asimismo, conviene extender “DigesTutor” a otros bloques temáticos de Anatomía Aplicada para comprobar si los beneficios observados se reproducen en otras áreas. Además, se recomienda realizar evaluaciones a medio y largo plazo para medir la durabilidad del aprendizaje y su impacto en las calificaciones finales. Finalmente, resulta fundamental diseñar programas de formación para el profesorado que

faciliten la integración de tutores virtuales en la programación didáctica y promuevan la adopción de metodologías activas en el aula.

En definitiva, este Trabajo Fin de Máster demuestra que un tutor virtual basado en inteligencia artificial puede reforzar el aprendizaje del aparato digestivo, mejorar la experiencia de estudio, favorecer la autonomía del alumno y complementar de manera efectiva las explicaciones del aula. La presencia de múltiples formatos de contenido, la disponibilidad de actividades de autoevaluación y la resolución de dudas personalizada conforman un entorno de aprendizaje interactivo que se adapta a las necesidades individuales. Por todo ello, se concluye que esta aproximación no solo obtiene resultados positivos a corto plazo, sino que abre la puerta a nuevas metodologías activas en Anatomía Aplicada, con un notable potencial para ser extendida a otros contenidos y ámbitos educativos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfaro-Salas, H., & Porras, J. A. D. (2024). Percepciones y Aplicaciones de la IA entre Estudiantes de Secundaria. *Revista Docentes* 20, 17(1), 200-215. <https://doi.org/10.37843/rtd.v17i1.458>

Cari-Incahuanaco, F. (2025). Tutor virtual con ChatGPT para el autoaprendizaje de estudiantes con matrícula condicionada en la Escuela Profesional de Ingeniería Informática y Sistemas - UNAMBA. *C&T Riqchary Revista de Investigación En Ciencia y Tecnología*, 7(1), 35-41. <https://doi.org/10.57166/riqchary.v7.n1.2025.133>

Cevallos, R. A. M., Gualán, A. P. C., Llanos, A. M. T., Guevara, A. M. G., & Quiñónez, M. B. R. (2023). Integración de la Inteligencia Artificial en la Educación. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 2032-2053. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8832

Chan, C. K. Y., & Tsi, L. H. Y. (2023, 2 mayo). *The AI Revolution in Education: Will AI Replace or Assist Teachers in Higher Education?* arXiv.org. <https://arxiv.org/abs/2305.01185>

Chuang, T., Chou, Y., Pai, J., Huang, C., Bair, H., Pai, A., & Yu, N. (2023). Using Virtual Reality Technology in Biology Education. *The American Biology Teacher*, 85(1), 23-32. <https://doi.org/10.1525/abt.2023.85.1.23>

Cobos-Gutierrez, C. E. (2024). Impacto de la Inteligencia Artificial en el Rendimiento Académico de Estudiantes de Secundaria: Un Estudio Correlacional. *PURIQ*, 6, e740. <https://doi.org/10.37073/puriq.6.740>

Cortez, M. B. Y., Vera, F. E. A., Alarcón, M. y. A., & Suñiga, A. A. G. (2024). Impacto de la inteligencia artificial en la educación, retos y oportunidades. *RECIMUNDO*, 8(2), 24-34. [https://doi.org/10.26820/recimundo/8.\(2\).abril.2024.24-34](https://doi.org/10.26820/recimundo/8.(2).abril.2024.24-34)

DECRETO 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León - Portal de Educación de la Junta de Castilla y León. (s. f.).

De la Cruz, M. A. T., Benites, E. M. M., Cachinelli, C. G. C., & Caicedo, E. V. A. (2023). Incidencias de la inteligencia artificial en la educación. *RECIMUNDO*, 7(2), 238-251. [https://doi.org/10.26820/recimundo/7.\(2\).jun.2023.238-251](https://doi.org/10.26820/recimundo/7.(2).jun.2023.238-251)

Del Rocío Guzmán Matute, N., González, N. F. Á., & Pérez, X. o. P. (2024). Alcances y limitaciones de la IA en educación. *RECIMUNDO*, 8(1), 215-223. [https://doi.org/10.26820/recimundo/8.\(1\).ene.2024.215-223](https://doi.org/10.26820/recimundo/8.(1).ene.2024.215-223)

Flores-Vivar, J., & García-Peñalvo, F. (2022). Reflections on the ethics, potential, and challenges of artificial intelligence in the framework of quality education (SDG4). *Comunicar*, 31(74), 37-47. <https://doi.org/10.3916/c74-2023-03>

Giler-Medina, P., Giler-Medina, C., & Medina-Gorozabel, G. (2024). Uso del Atlas 3D en el aprendizaje de la Anatomía Humana en estudiantes de Bachillerato. *Sociedad & Tecnología*, 7(2), 146-162. <https://doi.org/10.51247/st.v7i2.421>

González-González, C. S. (2023). El impacto de la inteligencia artificial en la educación: transformación de la forma de enseñar y de aprender. *Qurrriculum Revista de Teoría Investigación y Práctica Educativa*, 36, 51-60. <https://doi.org/10.25145/j.qurricul.2023.36.03>

Guettala, M., Bourekkache, S., Kazar, O., & Harous, S. (2024). Generative Artificial Intelligence in Education: Advancing Adaptive and Personalized Learning. *Acta Informatica Pragensia*, 13(3), 460-489. <https://doi.org/10.18267/j.aip.235>

Kalota, F. (2024). A Primer on Generative Artificial Intelligence. *Education Sciences*, 14(2), 172. <https://doi.org/10.3390/educsci14020172>

Morán-Ortega, S., Ruiz-Tirado, S., Simental-López, L., & Tirado-López, A. (2024). Barreras de la Inteligencia Artificial generativa en estudiantes de educación superior.

Percepción docente. *Revista de Investigación En Tecnologías de la Información*, 12(25), 26-37. <https://doi.org/10.36825/riti.12.25.003>

Naiseh, M., Babiker, A., Al-Shakhsi, S., Cemiloglu, D., Al-Thani, D., Montag, C., & Ali, R. (2025). Attitudes Towards AI: The Interplay of Self-Efficacy, Well-Being, and Competency. *Journal Of Technology In Behavioral Science*. <https://doi.org/10.1007/s41347-025-00486-2>

Qué es la Inteligencia Artificial | Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Gobierno de España. (s. f.). <https://planderecuperacion.gob.es/noticias/que-es-inteligencia-artificial-ia-prtr>

Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 81, 44697–44861. <https://www.boe.es/boe/dias/2022/04/06/pdfs/BOE-A-2022-5613.pdf>

Serrano, J. L., & Moreno-García, J. (2024). Inteligencia artificial y personalización del aprendizaje: ¿innovación educativa o promesas recicladas? *EduTec Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 89, 1-17. <https://doi.org/10.21556/edutec.2024.89.3577>

Thorat, V. A., Rao, P., Joshi, N., Talreja, P., & Shetty, A. (2024). The Role of Chatbot GPT Technology in Undergraduate Dental Education. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.54193>

Torra, V. (2011). La inteligencia artificial. *Lychnos*, 7, 14-19. Recuperado a partir de <https://www.mdai.cat/vtorra/docs/ref.Torra.Lychnos.2011.pdf>

Vera, F. (2023). Integración de la Inteligencia Artificial en la Educación superior: Desafíos y oportunidades. *Transformar*, 4(1), 17–34. Recuperado a partir de <https://www.revistatransformar.cl/index.php/transformar/article/view/84>

Vieriu, A. M., & Petrea, G. (2025). The Impact of Artificial Intelligence (AI) on Students' Academic Development. *Education Sciences*, 15(3), 343. <https://doi.org/10.3390/educsci15030343>

Vorobyeva, K. I., Belous, S., Savchenko, N. V., Smirnova, L. M., Nikitina, S. A., & Zhdanov, S. P. (2025). Personalized learning through AI: Pedagogical approaches and critical insights. *Contemporary Educational Technology*, 17(2), ep574. <https://doi.org/10.30935/cedtech/16108>

9. ANEXOS

9.1. ANEXO I

Competencias específicas mencionadas:

- Competencia específica 2: Interpretar y transmitir información y datos a partir de trabajos científicos relacionados con la Anatomía Aplicada y argumentar sobre estos con precisión, utilizando de forma adecuada la terminología científica y empleando diferentes formatos (textos, gráficos, póster, presentaciones, priorizando los contenidos digitales) para analizar y explicar conceptos, procesos, métodos, experimentos o resultados científicos, planificando, organizando sus conocimientos y expresando sus opiniones y argumentos con creatividad y espíritu crítico. Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores: CCL1, CCL2, CCL3, CCL5, CP1, STEM1, STEM2, STEM4, CD2, CD3, CPSAA4, CPSAA5, CC1, CC3, CE3, CCEC1, CCEC3.2, CCEC4.2.
- Competencia específica 3: Diseñar, desarrollar y promover pruebas, experimentos, iniciativas y proyectos de investigación, siguiendo los pasos del método científico y cooperando, cuando sea necesario, para indagar en aspectos relacionados con la anatomía y fisiología humanas con el objetivo de fomentar la práctica de hábitos saludables que protejan y sean beneficiosos para nuestro cuerpo, permitiendo que se asienten los conocimientos de la Anatomía humana. Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores: CCL1, CCL2, CCL5, STEM2, STEM3, STEM4, STEM5, CD2, CD3, CD4, CPSAA1.1, CPSAA1.2, CPSAA2, CPSAA3.1, CPSAA3.2, CPSAA4, CPSAA5, CC4, CE1, CE2, CE3.
- Competencia específica 4: Comprender cómo se desarrollan y evolucionan las funciones vitales estudiando la relación entre los diferentes sistemas y aparatos del cuerpo humano para interpretar adecuadamente las adaptaciones producidas en el organismo ante cualquier variación en el equilibrio interno u homeostático. Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores: CCL1, CCL2, STEM1, STEM2, STEM4, CPSAA1.2, CC4.

- Competencia específica 6: Analizar críticamente determinadas acciones, hábitos y actitudes relacionados con la salud, basándose en los fundamentos de la anatomía y fisiología humana, para argumentar acerca de la importancia de adoptar aquellos hábitos de vida que protejan y sean beneficiosos para nuestro cuerpo frente a los perjudiciales. Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores: CCL1, CCL2, CCL3, STEM1, STEM2, STEM4, STEM5, CPSAA1.1, CPSAA1.2, CPSAA2, CPSAA3.1, CPSAA4, CPSAA5, CC1, CC3, CC4, CCEC1.

Criterios de evaluación mencionados:

- 2.1. Analizar críticamente conceptos y procesos relacionados con la Anatomía Aplicada, interpretando información en diferentes formatos (modelos, tablas, gráficos, esquemas o diagramas), incluyendo aquellos en otras lenguas, aplicando métodos inductivos y deductivos, utilizando el pensamiento científico y seleccionando y contrastando de forma autónoma dicha información. (CCL2, CCL3, CP1, STEM1, STEM4, CPSAA4, CC1).
- 2.2. Comunicar informaciones u opiniones razonadas relacionadas con los contenidos de la materia, transmitiéndolas de forma clara y rigurosa, utilizando la terminología y el formato adecuado (modelos, gráficos, tablas, vídeos, informes, diagramas, presentaciones, tablas o pósteres) priorizando los contenidos digitales, aplicando la terminología científica, tanto en castellano como en otras lenguas y respondiendo de manera fundamentada a las cuestiones que puedan surgir durante el proceso, expresando sus opiniones y argumentos con creatividad y espíritu crítico, así como manteniendo una actitud cooperativa y respetuosa. (CCL1, CP1, STEM2, STEM4, CD2, CD3, CPSAA5, CE3, CCEC3.2, CCEC4.2).
- 3.2. Diseñar la experimentación, la toma de datos y el análisis de fenómenos relacionados con el cuerpo humano a medio y largo plazo, de modo que permitan responder a preguntas concretas y contrastar una hipótesis planteada a través de mecanismos de autoevaluación mediante los cuales el alumnado aprenda de sus errores, interpretando los resultados obtenidos en la experimentación y utilizando el método científico junto

con herramientas matemáticas y tecnológicas. (CCL2, STEM3, STEM4, CPSAA1.2, CPSAA5, CE1, CE3).

- 3.4. Reconocer la autonomía adquirida, estudiando y experimentando fenómenos del cuerpo humano, al desarrollar el trabajo científico en el laboratorio, u otras situaciones de trabajo, cuando se estudian y experimentan fenómenos del cuerpo humano. (CPSAA1.1, CPSAA1.2, CE2).
- 3.6. Analizar el origen de los cambios que suceden en el cuerpo durante el desarrollo basándose en los contenidos de la fisiología y anatomía humanas. (CCL2, STEM2, STEM5, CD4, CPSAA2, CPSAA4, CC4).
- 4.1. Interpretar el funcionamiento del cuerpo humano, entendido como una unidad estructural y funcional, comprendiendo la integración anatómica y funcional de los elementos que conforman sus distintos niveles de organización. (CCL2, STEM2, STEM4)
- 4.2. Deducir y explicar el funcionamiento del cuerpo humano identificando las características anatómicas y fisiológicas que lo condicionan según los sistemas implicados en cada proceso. (CCL1, CCL2, STEM2).
- 6.7. Adoptar un estilo de vida saludable, basado en los conocimientos científicos abordados en la materia, demostrando un compromiso ético y ecosocialmente responsable con actividades y hábitos que conduzcan al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. (STEM5, CPSAA1.1, CPSAA1.2, CPSAA2, CC3, CC4).
- 6.8. Reconocer y evaluar los avances en el estudio de la anatomía que han permitido explicar cómo es, cómo evoluciona y se adapta el cuerpo humano ante los cambios que se producen en él a diario, relacionando todo ello con la influencia que supone la adopción de distintos hábitos de vida en la mejora o no de la salud. (CCL2, CCL3, STEM4, CPSAA2, CC1, CCEC1).

9.2. ANEXO II

Pre-test: <https://form.typeform.com/to/WIg0Cqgn>

El pre-test incluía distintos formatos de preguntas (opción múltiple, respuesta abierta y escala tipo Likert) y se estructuró en torno a los siguientes ítems:

- En una escala del 1 (nada) al 5 (mucho), ¿Cuánto te ha motivado el tema del aparato digestivo?
- En una escala del 1 (muy bajo) al 5 (muy alto) ¿Cómo valoras tu nivel actual de comprensión sobre el aparato digestivo?
- ¿Qué aspectos del aparato digestivo te resultan más difíciles de entender?
 - a) Anatomía (órganos, partes, localización)
 - b) Funciones de cada órgano
 - c) Procesos digestivos (mecánicos, químicos...)
 - d) Tiempos y recorridos de los alimentos
 - e) Enfermedades relacionadas
- ¿Qué formato utilizas para estudiar la asignatura?
 - a) Esquemas
 - b) Tablas-resumen
 - c) Imágenes
 - d) Vídeos
 - e) Simulaciones
 - f) Explicaciones en texto
 - g) Juegos o actividades interactivas
- ¿Qué formato te gusta más para la explicación del temario por parte del profesor en clase?
 - a) Esquemas
 - b) Tablas-resumen
 - c) Imágenes
 - d) Vídeos
 - e) Simulaciones
 - f) Explicaciones en texto
 - g) Juegos o actividades interactivas

- ¿Crees que le enseñanza en clase se podría complementar de forma más atractiva y dinámica en casa?
 - a) Si
 - b) No
 - c) No lo se
- ¿Sueles estudiar por tu cuenta este tipo de contenidos? ¿Tienes profesor particular? ¿Te cuesta organizarte? (respuesta abierta)
- ¿Echas en falta algo en las explicaciones que se dan en clase para entender mejor el aparato digestivo? (respuesta abierta)
- ¿Hay algo que te gustaría que se explicara o se ampliara más allá de lo que se ve en clase? (respuesta abierta)
- ¿Crees que un tutor virtual que explique, resuma y te ayude a estudiar puede ser útil para ti?
 - a) Si, mucho
 - b) Si, bastante
 - c) No lo se
 - d) Poco
 - e) Nada
- ¿Qué funcionalidades te parecerían más útiles en ese tutor virtual?
 - a) Explicaciones y resúmenes claros
 - b) Esquemas y recursos visuales
 - c) Preguntas tipo test y juegos para repasar
 - d) Resolución de dudas personalizada
 - e) Recordatorios de estudio y consejos
 - f) Casos prácticos y curiosidades

9.3. ANEXO III

Post-test: <https://form.typeform.com/to/sVHGrowQ>

De forma similar al pre-test, el cuestionario final contaba con las siguientes preguntas:

- En una escala del 1 (nada) al 5 (mucho), ¿cuánto te ha motivado estudiar el aparato digestivo con el tutor virtual en comparación con tus métodos habituales en casa?
- ¿Prefieres el tutor virtual o el material y actividades que utilizabas habitualmente fuera del aula?
 - a) Prefiero el tutor virtual
 - b) Prefiero el método que utilizaba antes
 - c) Me da igual
- En una escala del 1 (nada) al 5 (mucho), ¿cómo valorarías tu nivel de comprensión del aparato digestivo tras el uso del tutor virtual?
- En una escala del 1 (nada adecuado) al 5 (muy adecuado), ¿qué grado de adecuación tiene el contenido del tutor virtual respecto al temario del aula?
- Del 1 (muy difícil) al 5 (muy fácil), ¿cómo valorarías la navegación y usabilidad del tutor virtual?
- ¿Qué recursos te han resultado de mayor utilidad?
 - a) Explicaciones y resúmenes claros
 - b) Esquemas y recursos visuales
 - c) Preguntas tipo test, cuestionarios y juegos para repasar
 - d) Resolución de dudas personalizada
 - e) Recordatorios de estudio y consejos
 - f) Casos prácticos y curiosidades
- ¿Consideras que el tutor virtual complementa bien las explicaciones y actividades realizadas en clase?
 - a) Si, en gran medida
 - b) Si, moderadamente
 - c) Poco
 - d) No, nada
- ¿Qué grado de satisfacción global tienes con el tutor virtual?

- a) Muy satisfecho
 - b) Satisfecho
 - c) Poco satisfecho
 - d) Nada satisfecho
- Comenta qué ha sido lo que más te ha gustado del tutor virtual y por qué.
(respuesta abierta)
 - ¿Qué aspecto del tutor virtual crees que debería mejorarse o ampliarse?
(respuesta abierta)
 - ¿Recomendarías este tutor virtual a otros compañeros de Bachillerato?
 - a) Si
 - b) No

