



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**



Facultad
de Educación

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN PROFESOR DE EDUCACION SECUNDARIA OBLIGATORIA,
BACHILLERATO, FORMACION PROFESIONAL Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS

ESPECIALIDAD: BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

**Herramientas para la adquisición de competencias en
Biología: entendiendo e integrando la célula y los
sistemas corporales**

***Tools for competency acquisition in Biology:
understanding and integrating the cell and the
body systems***

Autora: **Paula Alonso Batán**

Tutor: Dr. Rodrigo Morchón García

En Salamanca a **3 de junio de 2024**
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
FACULTAD DE EDUCACIÓN



VNIVERSIDAD
D SALAMANCA



Facultad
de Educación

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN PROFESOR DE EDUCACION SECUNDARIA OBLIGATORIA,
BACHILLERATO, FORMACION PROFESIONAL Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS

ESPECIALIDAD: BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

**Herramientas para la adquisición de
competencias en Biología: entendiendo e
integrando la célula y los sistemas corporales**

*Tools for competency acquisition in Biology:
understanding and integrating the cell and the
body systems*

Autora: Paula Alonso Batán

Tutor: Rodrigo Morchón García

En Salamanca a **3 de junio de 2024**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
FACULTAD DE EDUCACIÓN



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

RESUMEN EN CASTELLANO

Este trabajo aborda la dificultad observada en los alumnos de secundaria para entender conceptos biológicos fundamentales, particularmente relacionados con la célula y los sistemas corporales. La literatura señala que estas dificultades se deben, entre otros motivos, al uso de métodos de enseñanza basados en la memorización y a la falta de recursos visuales. Los problemas comunes incluyen la comprensión integral de la célula y sus funciones, la percepción tridimensional y la conexión entre los distintos sistemas corporales. Por lo tanto, se propone utilizar herramientas didácticas variadas e innovadoras para mejorar la comprensión, siguiendo el currículo de Biología y Geología de 3º de ESO en Castilla y León.

Se sugiere el uso de modelos educativos colaborativos, prácticas de laboratorio, recursos visuales y tecnologías digitales para entender y manipular sistemas complejos como los sistemas corporales; utilizando distintas metodologías didácticas. Se destaca la necesidad de evaluar y corregir conceptos erróneos previos, además de promover la autoconciencia del proceso de aprendizaje. Asimismo, se plantea el diseño de actividades que promuevan el análisis crítico, junto con un enfoque transversal como clave para una educación biológica efectiva y duradera.

Como puesta en práctica, se describen varias situaciones de aprendizaje. Se aplica el “ciclo 7E” en sesiones dedicadas a la comprensión celular, promoviendo la exploración y explicación de conceptos mediante actividades prácticas y visualizaciones tridimensionales. Se emplea una analogía para la enseñanza del sistema inmune, comparándolo con una planta de reciclaje para facilitar la comprensión de sus funciones. Se describe un ejemplo de Aprendizaje Basado en Problemas para investigar el sistema digestivo, donde los estudiantes trabajan en grupos para resolver un problema realista. Estas sesiones incluyen actividades interactivas y el uso de aplicaciones con simulaciones y modelos anatómicos tridimensionales. Se plantean también sesiones interdisciplinarias como parte del proceso de aprendizaje. Se espera que la futura aplicación de estas metodologías activas y transversales, combinadas con recursos digitales, mejore el interés, la comprensión y el pensamiento crítico de los alumnos.



RESUMEN EN INGLÉS

This work addresses the difficulty observed in secondary school students in understanding fundamental biological concepts, particularly about the cell and the body systems. The literature indicates that these difficulties are due to teaching methods based on memorization and the lack of visual resources. Common problems include achieving a comprehensive understanding of the cell and its functions, three-dimensional perception, and the ability to connect the different body systems. Therefore, it is proposed to use varied and innovative didactic tools to improve understanding, according to the Biology and Geology curriculum for 3rd-year ESO in Castilla y León.

The use of collaborative educational models, laboratory practices, visual resources, and digital technologies to understand and manipulate complex systems such as body systems, as well as various didactic methodologies, is suggested. The need to evaluate and correct previous misconceptions to avoid superficial learning, as well as encouraging self-awareness of the learning process, is highlighted. Additionally, the design of activities that promote critical analysis and a transversal approach is proposed as key to effective and lasting biological education.

As a practical implementation, several *learning situations* are described. The 7E cycle is applied, in sessions dedicated to cellular comprehension, promoting the exploration and explanation of concepts through practical activities and three-dimensional visualizations. An analogy is used for teaching the Immune System, comparing it to a recycling plant to facilitate the understanding of its functions. An example of Problem-Based Learning is described to investigate the Digestive System, where students work in groups to solve a realistic problem. These sessions include interactive activities and the use of applications with simulations and three-dimensional anatomical models. Moreover, interdisciplinary sessions are proposed as part of the learning process. It is expected that the future application of these active and transversal methodologies, combined with digital resources, will improve student interest, comprehension, and critical thinking.

Índice

1. Introducción	2
1.1 Contexto y motivación	2
1.2 Entendimiento de la célula	3
1.3 Integración de los sistemas corporales.....	5
2. Justificación curricular	7
2.1 Contribuciones de la Biología al currículo de 3º de ESO	7
2.2 Continuidad y progresión en la secuencia curricular	8
3. Objetivos del trabajo	9
4. Metodología y herramientas didácticas	10
4.1 Enfoques didácticos para la enseñanza de la célula y la integración de sistemas	10
4.2 Contenidos científicos y prácticas de laboratorio	14
4.3 Interdisciplinariedad y transversalidad.....	14
4.4 Diseño Universal de Aprendizaje y Atención a la Diversidad.....	16
5. Desarrollo de la propuesta didáctica	17
5.1 Secuencialización.....	17
5.2 Sesiones del proyecto científico	18
5.3 Sesiones de comprensión de la célula.....	19
5.4 Sesiones de integración de la célula en los sistemas corporales.....	26
5.5 Sesiones de integración de los sistemas corporales.....	34
6. Evaluación de la metodología y propuestas de mejora	41
7. Conclusiones	42
8. Referencias y bibliografía	43
8.1 Webgrafía.....	45
8.2 Atribuciones	47

1. Introducción

Este trabajo surge de la observación de una problemática recurrente en las aulas relacionada con la incorrecta comprensión del concepto de célula y su integración en los aparatos y sistemas corporales, así como la insuficiente interrelación entre estos sistemas.

Se presenta como una descripción de las posibles herramientas que se pueden emplear para impartir los contenidos biológicos de la asignatura de Biología y Geología de 3º de educación secundaria obligatoria (ESO), en base a lo establecido en el marco de la ley actual y, particularmente, según las directrices de la comunidad de Castilla y León.

1.1 Contexto y motivación

En la enseñanza de la Biología y Geología de la educación secundaria, a menudo los estudiantes encuentran desafiantes diversos contenidos, especialmente aquellos relativos a la célula, como la genética, los procesos relacionados con el ADN y la división celular o de reacciones celulares por difusión y osmosis, así como contenidos más amplios como el sistema esquelético o la evolución (Flores et al., 2003; Toinpere Mercy y Tamaraudeinyefa, 2022). Los problemas de comprensión a menudo se originan en concepciones previas erróneas, afectando en su totalidad, desde la comprensión general hasta el nivel celular. Se observan confusiones significativas en la articulación entre las estructuras celulares y los organismos pluricelulares, el funcionamiento de la membrana celular, y la diferenciación entre procesos como la fotosíntesis y la respiración (Flores et al., 2003; Park y Chen, 2012). Además, la confusión entre términos como meiosis y mitosis, y entre códigos genéticos, cromosomas y ADN, sugiere deficiencias profundas en la enseñanza y comprensión de la biología (Flores et al., 2003).

Los futuros docentes enfrentan dificultades para enseñar estos contenidos debido a la dependencia de métodos basados en la memorización, la falta de experimentación práctica y los errores conceptuales prevalentes (Doğru y Özsevgeç, 2018; Fernández Fernández y Jiménez Tejada, 2019). Además, la falta de recursos visuales y estrategias de enseñanza adecuadas se identifica como un obstáculo crítico en la educación en ciencias (Gregorcic y Torkar, 2022; Toinpere Mercy y Tamaraudeinyefa, 2022).

Este trabajo busca resolver parte de estas problemáticas educativas, siguiendo el currículo actual, y enfocándose en el desarrollo de las competencias específicas de Biología y Geología. Además, se propone fomentar el pensamiento crítico y las habilidades prácticas de los alumnos, subrayando la importancia de la interdisciplinariedad y la transversalidad en el proceso educativo. Hemos seleccionado el curso de 3º de la ESO por ser un momento clave para profundizar en la comprensión de la complejidad celular, introducido en 1º, y porque es el nivel en el que se imparten los contenidos sobre los aparatos y sistemas corporales. Además, se abordan temas de especial relevancia en esta etapa de la adolescencia, como la nutrición y las adicciones, estrechamente relacionados con los contenidos e incluidos en el currículo.

1.2 Entendimiento de la célula

La célula, como concepto fundamental en las ciencias biológicas, es crucial para entender la estructura y función de los seres vivos y los procesos biológicos más amplios. Sin embargo, la enseñanza y comprensión de este concepto presenta desafíos significativos en el ámbito educativo. A menudo, los alumnos encuentran dificultades para concebir la célula debido a su tamaño microscópico y naturaleza abstracta, por lo que se considera una parte difícil tanto de aprender como de enseñar (Doğru y Özsevgeç, 2018; Fernández Fernández y Jiménez Tejada, 2019). Esto se complica aún más cuando las estructuras celulares se enseñan sin vincularlas claramente con sus funciones, lo que puede resultar en una comprensión superficial y en la creación de modelos mentales inconsistentes (Vijapurkar et al., 2014).

Esta realidad resalta la necesidad de revisar y corregir los conocimientos previos de los alumnos para evitar que los nuevos conceptos se aprendan de forma superficial y se olviden con facilidad (Fernández Fernández y Jiménez Tejada, 2019; Vijapurkar et al., 2014). Por lo tanto, debemos continuar trabajando para resolver estos problemas y prevenir su transmisión a generaciones sucesivas de estudiantes.

Además, tanto en el pasado como en la actualidad, los estudiantes suelen tener problemas para asociar los orgánulos celulares con sus funciones específicas, y frecuentemente se basan en las representaciones esquemáticas y bidimensionales de los libros de texto que no reflejan adecuadamente la tridimensionalidad (Fernández Fernández y Jiménez Tejada, 2019; Vijapurkar et al., 2014). La falta de una percepción real de la profundidad o el volumen de las células es agravada por la escasez de recursos didácticos adecuados que permitan una comprensión más realista (Luthfyanti et al., 2024). Esta problemática puede verse también afectada por un fondo matemático deficiente (Flores et al., 2003).

Una de las principales aproximaciones que los docentes consideran imprescindible para el correcto entendimiento de la célula es mantener una conexión constante entre el mundo macroscópico (seres vivos) y el mundo microscópico (célula), distinguiendo los niveles de tejido, órgano y sistema. La enseñanza debe comenzar desde lo que el estudiante ya conoce, es decir, desde el mundo macroscópico cotidiano, pero progresando hacia la visión microscópica de la célula (Fernández Fernández y Jiménez Tejada, 2019). Este enfoque ayuda a construir un puente entre lo visible y lo invisible, lo cual es fundamental para la comprensión de las células como unidades funcionales esenciales. Sin embargo, centrarse únicamente en los niveles macroscópicos sin abordar el papel microscópico de las células puede limitar significativamente la comprensión de estas últimas (Vijapurkar et al., 2014). Por ello, es crucial implementar una perspectiva integradora que vincule constantemente la estructura con la función y preste más atención a los procesos y funciones de la célula, evitando la memorización mecánica.

Los estudiantes tienen problemas para conectar las funciones de estructuras biológicas complejas y responder preguntas sobre experimentos controlados. Les cuesta relacionar sus respuestas con aspectos importantes del experimento, como las variables y los procesos

implicados. En lugar de analizar la información presentada para sacar conclusiones correctas, suelen preferir describir lo que ya saben. Este comportamiento destaca la importancia de diseñar actividades educativas enfocadas en el análisis crítico y ajustar la instrucción al nivel de razonamiento de los alumnos, para que asimilen nuevos conceptos y modifiquen su conocimiento previo integrando estos aprendizajes (Flores et al., 2003; Lazarowitz y Penso, 1992).

Esta problemática se complica aún más cuando los estudiantes tienen dificultades para filtrar y seleccionar información relevante de su acervo general de conocimientos para aplicarla de manera efectiva en situaciones o preguntas específicas. Les cuesta distinguir y seleccionar variables relevantes en los experimentos, y suelen tratar los datos de manera aislada en lugar de interconectada (Vijapurkar et al., 2014). Por tanto, es importante que los alumnos desarrollen habilidades analíticas y mejoren su capacidad para pensar críticamente y aplicar conocimientos de manera efectiva en diferentes situaciones. En este sentido, muchos autores destacan la necesidad de incorporar discusiones activas en el aula. Este enfoque permite a los alumnos procesar la información presentada y discutir ideas en un formato interactivo, lo que no solo mejora la comprensión del contenido, sino que también facilita un aprendizaje más profundo y duradero.

Los estudiantes de secundaria señalan que sus dificultades en biología se deben principalmente a deficiencias metodológicas. Mientras que algunos docentes no le dan mucha importancia (Fernández Fernández y Jiménez Tejada, 2019), otros la consideran una de las principales problemáticas (Doğru y Özsevgeç, 2018; Flores et al., 2003; Toinpere Mercy y Tamaraudeinyefa, 2022). Muchos autores sugieren diversas estrategias para mejorar la enseñanza, como preparar cuidadosamente las lecciones y usar recursos didácticos variados y accesibles, incluyendo modelos 3D, simulaciones, animaciones y vídeos. Recomiendan integrar las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el aula y adoptar métodos de enseñanza activos y centrados en el estudiante.

Por otra parte, docentes y estudiantes enfrentan barreras de lenguaje debido a los términos técnicos específicos en las ciencias, lo que puede causar malentendidos. Es esencial que los estudiantes amplíen su vocabulario, considerando sus capacidades y memoria a corto plazo. La formación previa de los maestros, la falta de recursos didácticos adecuados, material de referencia insuficiente y limitaciones de tiempo afectan a su capacidad para enseñar conceptos biológicos adecuadamente (Chavan, 2016).

En resumen, enseñar conceptos fundamentales como la célula presenta desafíos significativos. Es necesario corregir conocimientos previos e implementar una perspectiva integradora que relacione estructura y función, promoviendo el análisis crítico. Además, la enseñanza debe adoptar un enfoque holístico que integre sistemas biológicos, evitando que los estudiantes vean la información fragmentada. Este entendimiento es vital para comprender el cuerpo humano como un sistema complejo, además de otros contenidos fundamentales para una buena comprensión de la biología y de las ciencias en general.

1.3 Integración de los sistemas corporales

El estudio de los sistemas corporales en la enseñanza de la biología es fundamental para entender cómo la célula se enlaza con una visión más amplia de los organismos. Los alumnos tienen una comprensión confusa sobre la diferenciación entre la estructura y las funciones en plantas y animales, con concepciones erróneas comunes en temas como la nutrición y la respiración, y un entendimiento insuficiente sobre el funcionamiento de aparatos y sistemas en animales. Con frecuencia asocian características humanas a las células y utilizan analogías de organismos pluricelulares para explicar procesos celulares, lo que resulta en representaciones abstractas incorrectas y falta de comprensión sobre, por ejemplo, las diferencias y similitudes entre distintos seres vivos (Flores et al., 2003).

Este problema surge, entre otros aspectos, en niveles educativos básicos por el uso de métodos pedagógicos que se limitan a describir procesos sin integrar adecuadamente conocimientos de estructura y función, como ya comentamos en el apartado anterior. Este enfoque fragmentado no permite que los estudiantes comprendan correctamente sistemas complejos como el cuerpo humano (Assaraf et al., 2013).

La aproximación didáctica para tratar de forma adecuada estos contenidos partiría de un análisis del cuerpo humano desde una *perspectiva de sistemas* en la educación biológica, es decir, centrándose en tres características fundamentales de los sistemas biológicos: jerarquía, homeostasis y dinamismo. La correcta comprensión de estos conceptos es esencial para los alumnos de secundaria. A continuación, se explica en detalle cada uno de estos elementos (Flores et al., 2003; Gregorcic y Torkar, 2022; Tripto et al., 2016):

- **Jerarquía** – En biología, es crucial comprender los niveles de organización que van desde moléculas y células hasta órganos y sistemas completos. Este conocimiento permite entender cómo interactúan las partes dentro de un sistema y entre diferentes sistemas. Los componentes de un sistema biológico operan tanto de manera independiente como en conjunto con el sistema mayor del cual son parte. Es fundamental reconocer cada nivel organizativo y entender cómo cada uno depende de los niveles subyacentes.
- **Homeostasis** – Describe la capacidad de un organismo para mantener un entorno interno estable a través de diferentes procesos reguladores, muchos de ellos invisibles o cambiantes, lo que dificulta su comprensión. Este concepto es clave para apreciar la complejidad del cuerpo humano, explicando tanto las interacciones entre el cuerpo y su entorno como los procesos que se desarrollan en los diferentes niveles organizativos.
- **Dinamismo** – Hace referencia a cómo los componentes de un sistema interactúan constantemente para formar entidades coherentes y funcionales. En este contexto, es crucial considerar cómo los distintos sistemas están interconectados y responden de manera integrada. Además, los circuitos de adaptabilidad y retroalimentación son características destacadas de estos subsistemas. Estos mecanismos permiten que los sistemas respondan y se adapten a cambios tanto internos como externos.

Este enfoque en la enseñanza de la biología proporciona a los estudiantes herramientas esenciales para comprender la complejidad del cuerpo humano y otros sistemas biológicos, fomentando un aprendizaje más profundo y sistemático. La capacidad para comprender sistemas complejos es fundamental en biología y otros campos, siendo decisiva en un mundo cada vez más dominado por estos. Integrar los sistemas corporales es importante para desarrollar una comprensión científica profunda y una alfabetización científica adecuada. La investigación en educación resalta la necesidad de que los estudiantes adquieran un *pensamiento sistémico* avanzado para abordar la complejidad de los sistemas biológicos. Sin un andamiaje y apoyo pedagógico explícito, es improbable que los estudiantes desarrollen estas habilidades por sí solos (Gregorcic y Torkar, 2022).

Los alumnos tienden a identificar más fácilmente estructuras como los órganos, mientras que los procesos celulares, por su naturaleza, son menos comprendidos. Aunque reconocen procesos a nivel del organismo, como el crecimiento y la respiración, tienen dificultades para entender procesos celulares específicos. Prefieren identificar componentes del sistema en lugar de comprender las interacciones entre ellos, habilidades que exigen un pensamiento más avanzado (Assaraf et al., 2013). Para superar estas limitaciones, es importante enfocar la enseñanza en aclarar los procesos complejos desde lo molecular hasta las interacciones sistémicas, lo cual es un desafío para los docentes. Los sistemas incluyen bucles de retroalimentación, autoorganización, y la capacidad de adaptarse y evolucionar, lo que los hace resilientes pero difíciles de predecir y entender completamente (Gregorcic y Torkar, 2022).

Los métodos de enseñanza que son explícitos y que invitan a los alumnos a considerar las interacciones y procesos del sistema han demostrado ser más efectivos para lograr una comprensión detallada (Assaraf et al., 2013). Sin embargo, esto no implica recurrir a métodos tradicionales y expositivos que, a menudo, fallan en abordar estas cuestiones de manera efectiva. En su lugar, se deben implementar estrategias que orienten a los estudiantes sobre en qué aspectos deben enfocarse para entender correctamente los sistemas biológicos.

Una estrategia eficaz es la implementación de modelos educativos que promuevan la participación activa y el trabajo colaborativo. Estos métodos deben incentivar a los estudiantes a explorar y consolidar su conocimiento mediante actividades prácticas que simulan situaciones reales y fomentan la aplicación de conceptos en contextos variados. El uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el aula puede ser una herramienta valiosa para visualizar y manipular sistemas complejos, permitiendo a los estudiantes observar en tiempo real las consecuencias de las interacciones entre diferentes componentes del sistema. Además, la enseñanza de la biología y otros campos científicos debe adoptar enfoques interdisciplinarios que integren conocimientos estructurales y funcionales. Esto asegura que los estudiantes puedan navegar y comprender sistemas complejos de manera efectiva, preparándolos no solo para la comprensión de los sistemas corporales, sino también para convertirse en futuros científicos y ciudadanos formados e *informados*, capaces de pensar críticamente sobre los desafíos globales (Snapir et al., 2017).

2. Justificación curricular

Este apartado detalla cómo el currículo de Biología y Geología de 3º de ESO se alinea con los contenidos educativos y competencias, promoviendo un aprendizaje significativo y aplicado.

2.1 Contribuciones de la Biología al currículo de 3º de ESO

En el último curso de secundaria, los estudiantes llegan a un punto crucial en su desarrollo académico, donde adquirir conocimientos básicos es fundamental para su éxito futuro. Esto es especialmente importante en áreas complejas como las ciencias biológicas, donde entender conceptos básicos, como la estructura y función de las células, es esencial. La etapa de 3º curso ofrece una oportunidad única para preparar y expandir la comprensión de estos temas. Estudios recientes indican que consolidar estos conocimientos básicos en este momento de la educación puede impactar significativamente la capacidad de aprendizaje y comprensión en cursos más avanzados (Fernández Fernández y Jiménez Tejada, 2019; Vijapurkar et al., 2014). Por lo tanto, es vital aprovechar esta fase para profundizar en la enseñanza de conceptos que serán la base de estudios futuros, asegurando una transición efectiva hacia niveles educativos superiores y promoviendo un aprendizaje continuo y efectivo.

Actualmente, las regulaciones que definen el currículo de la ESO en Castilla y León para este curso 2023-2024, que incluye la reciente actualización de los contenidos, competencias y criterios de evaluación, son las que siguen:

- **Ley Orgánica 3/2020 (LOMLOE)**, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, en el Boletín Oficial del estado del 30 de diciembre de 2020.
- **Real Decreto 217/2022**, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la ESO y **Decreto 39/2022**, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la ESO en la Comunidad de Castilla y León.

El Decreto 39/2022 establece que los descriptores operativos de las competencias clave sirven como marco para definir las competencias específicas en el desarrollo educativo del alumnado; cada descriptor puede abarcar múltiples competencias y es aplicable a diversos criterios de evaluación. En particular, la materia de Biología y Geología en la ESO extiende los fundamentos aprendidos en Ciencias de la Naturaleza durante la educación primaria y se centra en profundizar el conocimiento científico y el desarrollo sostenible, a través de seis competencias específicas. Esta asignatura cultiva la curiosidad científica, promueve una actitud crítica y habilidades analíticas, y fomenta el respeto por el medio ambiente y la diversidad humana. Además, su enfoque metodológico incluye la integración de tecnología en el aula, el aprendizaje cooperativo, y la promoción de competencias digitales. Con respecto a los contenidos que se impartirán y evaluarán a través de estos criterios, el Decreto 39/2022 establece seis bloques temáticos. Con la excepción del bloque B, sobre geología, el resto se

tratarán explícitamente en este trabajo y en ellos se integra una variedad de temas clave diseñados para fomentar una comprensión profunda tanto de los principios científicos como de la salud.

2.2 Continuidad y progresión en la secuencia curricular

El currículo de 3º de ESO permite una transición progresiva desde los conocimientos ya adquiridos hacia conceptos más avanzados, esenciales en los cursos siguientes.

Tanto en la materia predecesora, Biología y Geología de 1º, como en la siguiente, la de 4º, se mantiene el bloque de proyecto científico. Así, los alumnos ya han sido introducidos en el método científico, abarcando la aplicación del método científico en experimentos simples y el uso de herramientas digitales para la búsqueda y comunicación de información. Esto permite el desarrollo de un proyecto anual sin necesidad de invertir un exceso de tiempo inicial. Además, facilita que los estudiantes ya tengan una base del método científico, lo que a su vez simplifica la enseñanza y mejora la comprensión de los contenidos durante el año. Al estudiar la estructura y función de las células, junto con los sistemas de clasificación de los seres vivos y las dinámicas de los ecosistemas, los estudiantes adquieren una sólida comprensión de la biología que es crucial para profundizar en temas más específicos como la anatomía y fisiología de los aparatos y sistemas del cuerpo humano. Esta base les permite entender cómo funcionan estos sistemas en conjunto y cómo cada componente celular contribuye a la salud y operación del organismo completo. Además, el conocimiento sobre ecosistemas y sostenibilidad prepara a los estudiantes para valorar y practicar hábitos saludables y sostenibles.

Desde un enfoque orientado al futuro, para abordar adecuadamente los complejos temas de 4º ESO como la genética, la evolución y la biotecnología, es fundamental que los estudiantes tengan una comprensión sólida de la célula y su integración en los sistemas corporales. El estudio detallado de la célula en este curso, que abarca desde su estructura básica hasta su funcionamiento en diferentes sistemas, prepara a los estudiantes para entender cómo las células se organizan y cooperan en sistemas más complejos. Esta base es crucial para explorar cómo se replican las células a través del ciclo celular y cómo las mutaciones en este proceso pueden influir en fenómenos como la evolución y el cáncer.

Adicionalmente, comprender los sistemas corporales en su conjunto permite a los estudiantes analizar cómo ciertas aplicaciones o procesos pueden influir o mejorar la salud humana. Por ejemplo, la ingeniería genética, que manipula células para tratar enfermedades, se basa en una comprensión profunda de la función celular dentro de los sistemas corporales. Este conocimiento integrado de biología celular y sistémica no solo amplía la comprensión de los procesos genéticos y evolutivos, sino que también proporciona las herramientas necesarias para aplicar este conocimiento en contextos prácticos y reales, preparando a los alumnos para enfrentar los desafíos científicos y éticos del futuro. Por esta razón, resulta esencial consolidar firmemente los conocimientos sobre la célula y la integración de sistemas, pues constituyen la piedra angular para el entendimiento profundo de temas más complejos.

3. Objetivos del trabajo

La finalidad principal de este trabajo es desarrollar y analizar herramientas didácticas y metodologías que permitan el establecimiento de un conocimiento duradero y un aprendizaje significativo sobre la célula y la integración de los sistemas corporales, y que se alineen con el currículo actual de Biología y Geología de 3º de ESO. El enfoque está diseñado para fomentar una comprensión profunda y aplicada, relevante tanto académicamente como en contextos sociales y personales.

A continuación, se detallan los objetivos específicos que guiarán el desarrollo de este trabajo:

1. **Desarrollo de herramientas para la comprensión celular:** diseño y propuesta de metodologías específicas que faciliten el entendimiento profundo de la célula como unidad estructural y funcional de los seres vivos, utilizando técnicas que refuercen la conexión teórico-práctica.
2. **Desarrollo de herramientas para la integración de sistemas corporales:** diseño y propuesta de metodologías que expliquen cómo los diferentes sistemas corporales se interrelacionan entre sí, destacando su funcionalidad conjunta y su relevancia en el mantenimiento de la homeostasis y la salud.
3. **Propuestas interdisciplinarias en el aprendizaje de la célula y sistemas corporales:** propuesta de metodologías que promuevan la integración de contenidos de otras materias sobre el conocimiento de la célula y los sistemas corporales.
4. **Aplicación transversal y contextualización de los contenidos:** desarrollar estrategias didácticas que permitan una aplicación transversal de los contenidos, fomentando la conexión entre el conocimiento académico y las cuestiones contemporáneas de relevancia social y ambiental.

4. Metodología y herramientas didácticas

En este apartado se abordará la metodología y herramientas didácticas que puedan ayudar a solventar los desafíos que impiden una comprensión integral de la célula como unidad funcional y su relación con los sistemas más amplios del cuerpo humano, enfatizando la importancia de la interdisciplinariedad y la transversalidad en el proceso educativo. A través de un enfoque pedagógico actual, se busca superar las limitaciones tradicionales de la enseñanza de estos contenidos, así como proporcionar herramientas para desarrollar una comprensión profunda y duradera de conceptos clave y sus aplicaciones en contextos reales.

4.1 Enfoques didácticos para la enseñanza de la célula y la integración de sistemas

Como ya se introdujo anteriormente, una correcta y completa comprensión de la célula es necesaria para entender procesos más complejos. Al tratarse de un tema no desconocido para los alumnos, pero con importantes errores conceptuales conocidos, podemos plantear una metodología conocida como el “Ciclo 7E”. El **ciclo de aprendizaje 7E** es un modelo educativo que ha demostrado ser efectivo para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes en diversos contextos científicos. Según un metaanálisis de Balta y Sarac (2016), este enfoque posibilita una mejora significativa en comparación con métodos de enseñanza tradicionales. El ciclo incluye las etapas de inducir (en inglés, *elicit*), enganchar o atraer (en inglés, *engage*), explorar, explicar, elaborar, evaluar y extender; y se expande a partir del modelo previo de 5E añadiendo las fases de inducir y extender (Eisenkraft, 2003).

Tomando como ejemplo el desarrollo de este ciclo para explicar el sistema esquelético, las etapas del ciclo se podrían conducir de la siguiente manera (Gülsüm, 2014):

- **Inducir** – Se inicia con preguntas para identificar el conocimiento previo de los estudiantes y sus concepciones. Por ejemplo, cuando el profesor pide a los estudiantes que piensen en cómo se sostiene un edificio y cómo se relaciona esto con el sistema esquelético. Esta etapa es esencial antes de aplicar cualquier tipo de metodología.
- **Enganchar** – Pretende motivar el interés y la curiosidad de los estudiantes. Por ejemplo, mostrando unas radiografías para que los estudiantes investiguen y discutan sobre ellas.
- **Explorar** – Los estudiantes participan activamente en investigaciones para explorar conceptos, procesos o ideas. En este caso, podrían explorar huesos de pollo, de diferente tipo y edad para investigar por sí mismos sobre su crecimiento y estructura.
- **Explicar** – Tras una explicación, los alumnos discuten sus observaciones y conclusiones.
- **Elaborar** – Esta parte pretende ampliar el conocimiento adquirido aplicándolo en nuevas situaciones. Una forma de hacerlo es pedir a los alumnos que elaboren un póster o una presentación sobre los sistemas esqueléticos, organizando lo que han aprendido.

- **Evaluar** – Se debe evaluar de alguna forma la comprensión de los alumnos. Esto podría hacerse mediante un inventario conceptual del sistema esquelético.
- **Extender** – Los estudiantes extienden su aprendizaje a conceptos o contextos relacionados. En el contexto del sistema esquelético, se puede pedir a los alumnos que discutan sobre las conexiones entre los huesos, las articulaciones y los músculos, algo que podría servir para prepararlos para el siguiente tema.

Las incorporaciones de inducción y extensión a este ciclo son dos aspectos pedagógicos muy valorados y defendidos por la comunidad educativa, al fomentar una exploración efectiva y un aprendizaje interactivo que potencia el pensamiento crítico y la construcción activa del conocimiento. No obstante, su implementación puede ser más consumidora de tiempo debido a la necesidad de ejecutar meticulosamente cada fase. Aunque el ciclo ha demostrado ser efectivo en general, su eficacia puede variar según el contexto específico y las condiciones en las que se implemente, así como el tema científico tratado, lo que indica que algunos temas pueden beneficiarse más de este enfoque que otros (Balta y Sarac, 2016).

Este modelo parece particularmente adecuado para enseñar el concepto de la célula a alumnos de 3º de ESO, favoreciendo un enfoque integral y profundo que puede ayudar a los estudiantes a comprender y retener mejor los conceptos complejos de la biología celular.

Por otra parte, a lo largo del desarrollo de este ciclo, y en cualquier aproximación metodológica didáctica, se puede emplear el **diagrama de KWL** de Ogle (1986) en Wagner (2014). El diagrama KWL está diseñado para activar el conocimiento previo de los estudiantes, ayudarles a establecer objetivos de aprendizaje y evaluar sus logros al final de una unidad didáctica. La fase "K" (*know*) se enfoca en recopilar lo que los estudiantes ya saben sobre un tema, promoviendo una reflexión inicial que prepara el terreno para nuevos aprendizajes. La fase "W" (*want to know*) motiva a los estudiantes a pensar en lo que desean aprender, estableciendo así sus propias metas de aprendizaje y fomentando la autonomía y el interés por el tema. Finalmente, la fase "L" (*learned*) se utiliza para evaluar lo que han aprendido, comparando el conocimiento adquirido con sus expectativas y objetivos iniciales. Esta herramienta es especialmente valiosa por su capacidad de fomentar el pensamiento crítico, alentar a los estudiantes a hacer conexiones significativas con el material de estudio y desarrollar una actitud proactiva hacia el aprendizaje.

Además, para abordar los problemas de tridimensionalidad y escala celular, es esencial fomentar continuamente la visualización tridimensional de la célula. Esto incluye la **observación** de diversas células y otros tipos de muestras desde diferentes perspectivas, así como la creación de una percepción dinámica de la célula. Además, puede ser interesante pedirles que elaboren un **modelo** que refleje el volumen celular y cómo los diferentes orgánulos estarían distribuidos en su interior (Vijapurkar et al., 2014).

Por otra parte, una metodología muy interesante para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje es la **analogía**. Una analogía se establece identificando similitudes entre dos

conceptos, transfiriendo ideas del concepto familiar (análogo) al concepto desconocido (objetivo). Ambos poseen atributos o características comunes. El análogo y el objetivo suelen ser ejemplos de un concepto *superordenado*, una categoría de nivel superior que los abarca a ambos, permitiendo entender y relacionar mejor los conceptos a través de sus características compartidas (Glynn, 1994). La mayoría de las investigaciones muestran la efectividad de las analogías en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Ceccacci-Sawicki et al., 2023).

Las analogías simples no proporcionan el apoyo educativo necesario; en cambio, las analogías elaboradas que mapean sistemáticamente características verbales y visuales crean un contexto rico y situado para el aprendizaje, facilitando la elaboración cognitiva y aumentando el interés y la comprensión de los alumnos (Paris y Glynn, 2004). Glynn (2008) establece unos pasos para el *modelo de enseñanza con analogías* (Glynn, 2004, como se cita en Glynn, 2008) y desarrolla una guía con pautas que deben tenerse en cuenta al diseñar analogías científicas elaboradas, que se resumen a continuación.

Los pasos que establece son introducir el concepto objetivo, sugerir un buen análogo, identificar características similares y mapearlas visualmente, indicar las limitaciones y sacar conclusiones sobre el concepto objetivo. Es fundamental seleccionar analogías que compartan muchas características con el concepto objetivo, ya que cuanto más se parezcan, mejor será la analogía. Se deben presentar claramente ambos análogos para que los estudiantes entiendan bien cada componente y mapear explícitamente las correspondencias entre las particularidades del análogo y del concepto objetivo. Además, es muy importante señalar las limitaciones de la analogía para evitar malentendidos y conceptos erróneos. Incorporar procesos verbales y visuales en la explicación ayuda a los estudiantes a visualizar conceptos abstractos. También es esencial verificar la comprensión de los estudiantes mediante preguntas sobre las características no compartidas y fomentar la reflexión y la discusión en clase. Un buen análogo debe ser familiar para los estudiantes y compartir muchas características con el concepto objetivo.

Puede ser muy útil conectar las características de las analogías elaboradas con materiales de apoyo relacionados, como enlaces a contenido adicional. También se recomienda animar las analogías para captar el interés de los estudiantes y hacerlas interactivas con preguntas, sugerencias y retroalimentación. Como señalaron Duit y colaboradores (2001), el razonamiento analógico es una característica clave de los procesos de aprendizaje desde una perspectiva constructivista: cada proceso de aprendizaje incluye una búsqueda de similitudes entre lo conocido y lo nuevo, lo familiar y lo desconocido. Las analogías elaboradas y cuidadosamente diseñadas pueden ayudar a los estudiantes a comprender conceptos científicos complejos y difíciles de visualizar, además de aumentar su interés en estos conceptos.

No obstante, es crucial enseñar a los alumnos a diferenciar entre metáforas útiles y descripciones científicas precisas para fomentar un entendimiento más profundo y menos sesgado de los procesos biológicos (Flores et al., 2003). En biología, los estudiantes a menudo

antropomorfizan células u organismos, atribuyéndoles intenciones o comportamientos humanos, lo que puede conducir a malentendidos. Abordar estas visiones antropomórficas de manera crítica implica enseñar a los estudiantes a reconocer cuándo una metáfora es útil y cuándo puede ser engañosa. Así, aprenden a valorar las descripciones científicas basadas en evidencia, formando una comprensión más precisa y objetiva de la biología.

Otra aproximación didáctica muy interesante, sobre todo en ciencia, es el [Aprendizaje Basado en Problemas](#) (ABP o PBL, del inglés *Problem-Based Learning*). El ABP es una metodología educativa en la que los estudiantes comienzan con problemas más o menos complejos del mundo real. En un entorno colaborativo, definen el problema, investigan la información necesaria, comparten sus hallazgos y proponen soluciones (Allen y Tanner, 2003). En este contexto, el profesor actúa como facilitador, guiando a los estudiantes en lugar de proporcionar respuestas directas. El objetivo es mejorar no solo el conocimiento teórico, sino también las habilidades en comunicación, el pensamiento crítico y la colaboración.

Dentro de los principios del ABP se destaca la participación activa de los alumnos en su propio aprendizaje, involucrándolos en discusiones, debates y actividades prácticas, así como el fomento de la metacognición al reflexionar sobre su proceso de aprendizaje. En lugar de ser el único transmisor de conocimientos, el profesor actúa como un facilitador o guía. Su trabajo es apoyar a los estudiantes, hacer preguntas que promuevan el pensamiento crítico y proporcionar retroalimentación constructiva. Las actividades y problemas son relevantes y aplicables a situaciones del mundo real, evaluando la disposición de los estudiantes a considerar nuevas ideas y su curiosidad por aprender y explorar. Un metaanálisis ha evaluado diversas estrategias y ha identificado las más efectivas para el desarrollo del pensamiento crítico en ABP (Yu y Zin, 2023) que, en esencia, se pueden resumir en la utilización de instrumentos específicos para el pensamiento crítico y dotar de una relevancia o relación con problemas reales y propios de la disciplina a impartir. Este enfoque se alinea con el enfoque didáctico de ciencia-tecnología-sociedad (CTS), que busca conectar el aprendizaje científico con aplicaciones prácticas y contextos sociales, fomentando una educación integral y contextualizada (Canel Fernández, 2013). Además, resalta la importancia de la incorporación de tecnologías digitales para facilitar el acceso a información de relevancia y permitir un aprendizaje más interactivo y colaborativo.

En el contexto de este trabajo de fin de máster, emplearemos el ABP para la parte de los sistemas corporales. Para ello, diseñaremos problemas específicos que enfatizan la jerarquía, la homeostasis y el dinamismo de los sistemas biológicos. Durante el desarrollo de las sesiones, incidiremos en estas tres características fundamentales, promoviendo una comprensión profunda de cómo los sistemas biológicos están organizados jerárquicamente, cómo mantienen un estado de equilibrio dinámico (homeostasis) y cómo son capaces de adaptarse y cambiar (dinamismo). Esta aproximación didáctica permitirá a los estudiantes analizar el cuerpo humano desde una perspectiva integral y sistémica, facilitando un aprendizaje más contextualizado y aplicable a situaciones reales en la educación biológica.

Un punto destacado en el ABP es el **trabajo colaborativo**, interesante para muchas otras metodologías didácticas, donde los alumnos comparten ideas y resuelven problemas en grupos. El docente actúa como facilitador o guía, promoviendo el pensamiento constructivo y crítico y proporcionando la retroalimentación adecuada. La dinámica de grupos es fundamental para asegurar una participación equitativa y efectiva, con roles rotativos entre los miembros del grupo para que todos los estudiantes desarrollen diversas habilidades. En el ABP, según los autores Yu y Zin (2023), estos roles incluyen un líder que facilita las discusiones y mantiene el enfoque en el problema a resolver; un reportero que presenta los hallazgos del grupo, resumiendo y comunicando las ideas y soluciones discutidas; un registrador que toma notas detalladas; y un revisor de precisión que revisa la validez de la información y verifica las conclusiones. Esta estructura no solo facilita el aprendizaje, sino que también prepara a los estudiantes para trabajar en equipo en el mundo real. En este caso, se optará por la combinación de los roles de registrador y revisor en un mismo alumno, para garantizar una participación más activa de este. Numerosos estudios coinciden en que los descubrimientos creativos, especialmente en la ciencia avanzada, son influenciados por la interacción social entre expertos (DeHaan, 2009). La dinámica de grupos en el ABP refleja esta realidad, beneficiando a los alumnos con las perspectivas y conocimientos de sus compañeros.

4.2 Contenidos científicos y prácticas de laboratorio

La importancia del componente práctico en el aprendizaje de la biología ha sido destacada anteriormente y se refuerza a través de las sesiones dedicadas al proyecto científico. Estas sesiones se enfocarán en familiarizar a los estudiantes con el método científico, abordando los contenidos recogidos en el currículo (Junta de Castilla y León, 2022). Se plantearán preguntas, hipótesis y conjeturas científicas, guiando a los alumnos en el diseño y planificación de experimentos. Además, se utilizarán herramientas digitales para la búsqueda de información veraz, la colaboración y la comunicación de resultados en diversos formatos, enriqueciendo el proceso de aprendizaje. Se fomentará el modelado para comprender mejor los procesos anatómicos y fisiológicos, y se enseñarán métodos para obtener y analizar información, diferenciando entre correlación y causalidad. También se destacará la contribución de grandes científicos y la importancia de la seguridad en el laboratorio. Además, como hemos comentado, se recurrirá al uso del microscopio en numerosas ocasiones. De este modo, se pretende que los alumnos adquieran una comprensión integral y práctica de la biología desde niveles microscópicos.

4.3 Interdisciplinariedad y transversalidad

La enseñanza de la ciencia, y en particular de la biología, se beneficia enormemente de un enfoque interdisciplinario y transversal. Este enfoque no solo facilita la comprensión profunda de los conceptos científicos, sino que también permite a los estudiantes integrar conocimientos de diferentes áreas y aplicar estos principios en diversos contextos.

La incorporación de la teoría de sistemas complejos en la educación en biología puede mejorar la comprensión de los estudiantes tanto del cuerpo humano como de los sistemas ecológicos y biológicos más amplios. Este enfoque ayuda a cultivar una apreciación más profunda de las complejidades de la vida, preparando a los estudiantes para pensar críticamente y resolver problemas en un mundo inherentemente complejo. En biología, la interdisciplinariedad es esencial por su naturaleza integrativa, que depende en gran medida de disciplinas como la física y la química; su comprensión se ve afectada por concepciones previas de los alumnos sobre estas otras ciencias. Por ejemplo, en la enseñanza de la fisiología, es común que los estudiantes no apliquen efectivamente su conocimiento de física y química, lo que dificulta la comprensión de fenómenos fisiológicos complejos (Michael, 2006). En este sentido, los enfoques de aprendizaje activo deben dirigirse a corregir conceptos erróneos en dichas disciplinas para facilitar un aprendizaje significativo.

La enseñanza de la célula y la integración de los sistemas corporales requiere un enfoque que enfatice la jerarquía, la homeostasis y el dinamismo dentro de los sistemas biológicos. Un enfoque interdisciplinario podría ayudar a los estudiantes a ver las conexiones entre diferentes campos del conocimiento y aplicar principios de dinámica de sistemas en diversos contextos, como el cuerpo humano, ejemplo de un sistema complejo donde subsistemas trabajan coordinadamente para mantener la homeostasis y la funcionalidad general (Gregorcic y Torkar, 2022). El uso de tecnologías digitales es crucial en la enseñanza interdisciplinaria y transversal de la ciencia. Aplicaciones para la visualización tridimensional de contenidos de biología, como modelos anatómicos y simulaciones interactivas, son esenciales para entender la célula, su integración en los sistemas corporales y su interconexión. Estas herramientas, muchas en inglés, facilitan un aprendizaje interactivo y colaborativo, captando el interés y motivando a los alumnos y promoviendo una comprensión más profunda (Bureau et al., 2022). Durante el desarrollo de la propuesta pedagógica se comentan algunas de estas aplicaciones y su impacto en la educación biológica.

La interdisciplinariedad y transversalidad en la educación no solo se limitan a la integración de conocimientos científicos, sino que también abordan competencias lingüísticas, plurilingües, plásticas y tecnológicas. Incorporar actividades que requieren el uso de múltiples lenguas fomenta el desarrollo de la competencia plurilingüe, facilitando una mejor comprensión y comunicación en contextos diversos. Las competencias lingüísticas se desarrollan a través de la lectura, escritura y discusión de conceptos científicos en diferentes idiomas, enriqueciendo el vocabulario y la comprensión contextual. La educación plástica y artística se integran mediante la creación de modelos visuales y gráficos, que ayudan a los estudiantes a representar y entender conceptos abstractos de manera tangible.

En línea con esta transversalidad, la incorporación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en educación es fundamental y está alineada con el currículo de Biología y Geología, así como con otras materias. En particular, la competencia específica 5 enfatiza un enfoque integral que capacita a los estudiantes para actuar de manera informada y crítica en la conservación del medio ambiente y la promoción de la salud, contribuyendo así al desarrollo

sostenible y al bienestar colectivo (Junta de Castilla y León, 2022). De nuevo, una aproximación alineada con el enfoque CTS. Es crucial tratar estas ideas a lo largo del curso de diversas formas, integrándolas en los problemas y tareas de las distintas unidades o situaciones de aprendizaje, y en las labores de acción tutorial. Aunque este trabajo no aborda explícitamente estas tareas, se propone organizar sesiones de tutoría a lo largo del curso, coincidiendo con las sesiones donde se hayan tratado previamente los sistemas corporales relacionados. Por ejemplo, la comprensión del proceso de digestión puede influir profundamente en los hábitos nutricionales de los estudiantes, fomentando una actitud saludable hacia la nutrición y contribuyendo a un estilo de vida más saludable a largo plazo (Cerrah Özsevgeç et al., 2012). Se han identificado conceptos erróneos significativos sobre la digestión entre los estudiantes de secundaria (Putica y Trivić, 2017), por lo que una enseñanza efectiva debe centrarse en corregir estas interpretaciones erróneas interdisciplinarias para mejorar la comprensión y los hábitos nutricionales.

En resumen, la interdisciplinariedad y transversalidad en la educación científica se manifiestan en la integración de competencias adquiridas en diferentes materias y en la aplicación de estos conocimientos a problemas reales. Temas como la nutrición y la adicción, relacionados con los sistemas Digestivo y nervioso, permiten a los estudiantes ver la relevancia práctica de sus aprendizajes y cómo impactan su vida diaria. Así, se fomenta una educación más completa y significativa, donde las diversas competencias se entrelazan para ofrecer una comprensión holística y aplicable del mundo que los rodea.

4.4 Diseño Universal de Aprendizaje y Atención a la Diversidad

El Diseño Universal de Aprendizaje (DUA) y la atención a la diversidad aseguran que todos los estudiantes puedan acceder y beneficiarse de la educación. El DUA adapta los entornos educativos a diversas necesidades mediante múltiples formas de representación, expresión y compromiso, particularmente para los alumnos con necesidades educativas especiales (ANEE). Además, motiva a los estudiantes integrando temas relevantes y utilizando tecnologías digitales para crear experiencias interactivas y personalizadas.

La inclusión de la perspectiva de género en el lenguaje es esencial para promover la igualdad y el respeto. Sin embargo, en este trabajo, utilizamos el género masculino como forma genérica para abarcar tanto a hombres como a mujeres, así como a otros géneros, siguiendo las normas lingüísticas. No obstante, es importante reconocer la importancia de fomentar una comunicación inclusiva.

Con respecto a la evaluación del aprendizaje desde el punto de vista de la atención a la diversidad, esta debe ser continua y variada, permitiendo a los alumnos demostrar su comprensión a través de diferentes formatos. Esta aproximación enriquece la experiencia educativa y prepara a los estudiantes para aplicar sus conocimientos en diversos contextos.

5. Desarrollo de la propuesta didáctica

En este apartado se detallan las sesiones diseñadas en base al marco teórico expuesto. Como complemento a su descripción se incluye un anexo con material adicional empleado durante las sesiones (**Anexo I**) y otro relativo a la evaluación y su relación con las competencias específicas y los criterios de evaluación (**Anexo II**). Se han planificado sesiones para una clase de Biología y Geología de 3º ESO con 26 alumnos no absentistas, dos de ellos ANEE. No se detalla el material adicional para los ANEE, pero sí se incluyen algunas formas de fomentar su inclusión en las actividades de sus otros compañeros.

5.1 Secuencialización

La secuencialización de las sesiones se ha diseñado para adaptarse al calendario escolar del próximo curso 2024-2025, considerando los festivos de la ciudad de Salamanca (**Imagen 1**). La materia de Biología y Geología de 3º ESO cuenta con 2 horas semanales. Se indica cómo se distribuyen las sesiones de 50 minutos para cubrir tanto los contenidos del proyecto científico como otros contenidos de biología y geología.



Imagen 1. Secuencialización de las sesiones del TFM. Se muestra la secuencialización parcial de la materia de Biología y Geología (ByG) de 3º ESO sobre el calendario escolar del curso 2024-2025 de Salamanca.

Las primeras sesiones se emplean para presentar los contenidos que se van a tratar, así como el proyecto científico, proporcionando a los estudiantes una visión clara de los objetivos, la metodología y las expectativas. A lo largo del curso, se distribuyen semanas específicas para cubrir otros contenidos importantes de biología. Se señalan las sesiones destinadas al entendimiento de la célula, a su integración dentro de los sistemas o aparatos corporales y la comprensión de los sistemas corporales, particularmente del sistema digestivo. Se reservan sesiones para tratar las conexiones entre los diferentes sistemas corporales tratados, con lo que se pretende fomentar la comprensión de la interrelación entre los diferentes sistemas o aparatos. El calendario también reserva sesiones dedicadas a la geología, complementando la formación científica de los estudiantes y completando el currículo. Los exámenes trimestrales están programados en fechas señaladas para evaluar su progreso.

Con respecto a la participación y el trabajo en equipo, dado su valor significativo reflejado a lo largo de todo el trabajo, en el **Anexo II** presentamos una rúbrica general para su valoración (**1. Evaluación de la participación**). Por otro lado, a menudo, nos apoyaremos sobre vídeos de imágenes de células y tejidos. Para ello, existen numerosos recursos en línea, que incluyen tanto procesos celulares, como diferentes células y tejidos (Wong, s. f., Pombal, s. f.), que pueden enriquecer considerablemente las explicaciones.

A continuación, se muestra el desarrollo planteado para algunas de estas sesiones, incluyendo su temporalización cuando corresponde.

5.2 Sesiones del proyecto científico

El proyecto científico planteado se enfoca como complementación a las sesiones de integración de los sistemas corporales, que se tratarán en su mayoría a través de la metodología ABP. Cada grupo de alumnos se encargará de investigar uno de los siguientes sistemas corporales humanos: respiratorio, circulatorio, excretor, esquelético, muscular, nervioso y endocrino. El objetivo principal es que los estudiantes comprendan no solo el funcionamiento de estos sistemas, sino también la importancia de las células que los componen y su integración en el organismo.

Así, los alumnos deben identificar las células importantes de su sistema y explorar la historia de su descubrimiento, destacando las contribuciones de científicos relevantes. En la última sesión, cada grupo presentará sus hallazgos y dirigirá una práctica de microscopía para ayudar a sus compañeros a identificar muestras, que serán proporcionadas por el o la docente. Se fomentará la participación y el debate. Dos semanas después, cada alumno entregará individualmente un informe detallado con dibujos a escala, explicaciones y referencias. Asimismo, incluirán el planteamiento de un experimento científico para una hipótesis dada, que debe incluir los apartados de *Materiales*, *Fundamento Teórico*, *Procedimiento*, *Resultados* y *Conclusiones*. Por ejemplo, para el sistema digestivo, planteamos la siguiente hipótesis: “El consumo de fibra aumenta la eficiencia del proceso digestivo en humanos”.

Para garantizar un proceso de evaluación integral y justo, se implementarán formularios de evaluación y autoevaluación en el **Anexo II (2. Evaluación del proyecto científico)**. Los criterios

se centrarán en varios aspectos, tales como la comprensión del contenido, la calidad de la investigación, la claridad de la presentación, la capacidad de trabajo en equipo y la participación en debates y prácticas.

5.3 Sesiones de comprensión de la célula

Se detallan las sesiones de comprensión celular utilizando la metodología 7E mencionada, distribuidas en nueve sesiones. Este enfoque nos permitirá explorar de manera profunda y ordenada la estructura, función y organización de las células. En el **Anexo II (3. Evaluación de la comprensión celular)** se muestra la rúbrica empleada para la evaluación de esas sesiones.

SESIÓN 1: INTRODUCCIÓN CELULAR

Objetivo: activar conocimientos previos y atraer/motivar a los estudiantes.

Recursos: cuaderno del alumno, pizarra, proyector.

❖ **Introducción a la célula** (25 min): comenzamos con una lluvia de ideas donde los alumnos comparten lo que saben sobre células. Hacemos preguntas instigadoras sobre la estructura y función de las células para identificar malentendidos comunes, como:

- *¿Una célula es simplemente una “bola” llena de líquido o su estructura es más compleja?* Esta pregunta ayuda a explorar el concepto de la estructura celular y corregir la idea de que las células son estructuras simples y no organizadas.
- *¿Una bacteria es una célula?* Ayuda a centrar la célula como unidad básica y a recordar los tipos de células procariotas y eucariotas.
- *¿Pueden las células vegetales realizar procesos que las células animales no pueden, y viceversa?* Dirige la conversación hacia las diferencias funcionales entre los dos tipos de células, que ya vieron el curso anterior, ayudando a clarificar malentendidos comunes.
- *¿Qué pasaría si elimináramos el núcleo de una célula?* Permite discutir la función del núcleo y la importancia del material genético.
- *¿Cómo crees que una célula mantiene su forma y por qué es importante?* Indaga sobre la función del citoesqueleto y otros componentes estructurales, lo que puede aclarar malentendidos sobre la rigidez y la flexibilidad celular.
- *¿Crees que todas las células tienen el mismo tamaño y forma? ¿Por qué?* Abre la discusión sobre la diversidad celular y cómo la forma y el tamaño de una célula están relacionados con sus funciones específicas.

❖ **¿Qué sé de la célula?** (20 min): pedimos que rellenen una tabla *tipo* con las preguntas del diagrama KWL, en concreto la K y la W. Les pedimos que lean algunas respuestas.

❖ **Pregunta final** (5 min): destinamos los últimos minutos a lanzar una cuestión para la próxima sesión. Se les muestra la imagen proporcionada (**Imagen 2**), que también tendrán disponible en el aula virtual. La figura ilustra el tamaño de diferentes tipos de organismos, desde virus hasta micelios, comparados en una escala que incluye las capacidades del microscopio electrónico y el óptico, así como la visión a simple vista. Deben anotar en su cuaderno las ideas que van surgiendo, de forma individual, aunque pueden interactuar y debatir con sus compañeros. Se les pregunta:

- *¿Cómo crees que estas diferencias de tamaño pueden influir en las funciones biológicas y en la complejidad de cada tipo de organismo? Piensa en las implicaciones que estas diferencias pueden suponer para la vida y las interacciones de estos en su entorno.*

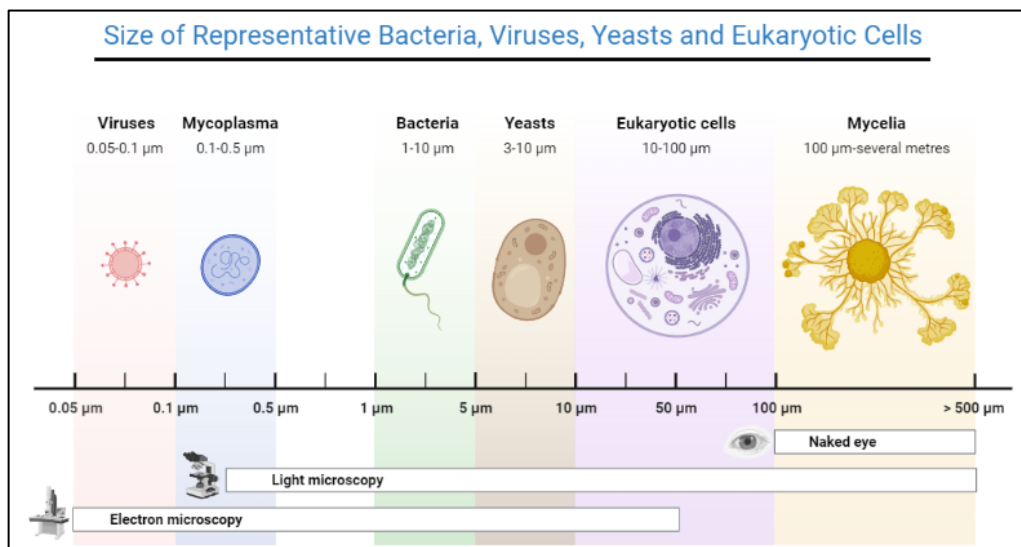


Imagen 2. Tamaño representativo de diferentes estructuras. Con la visualización de esta imagen, los alumnos deberían reflexionar sobre cómo el tamaño y la complejidad estructural de las células afectan su capacidad para realizar funciones biológicas esenciales, adaptarse e interactuar (Tankeshwar & Tankeshwar, 2024).

SESIÓN 2: DESCUBRIENDO EL MUNDO CELULAR

Objetivos: despertar la curiosidad de los estudiantes sobre la estructura y función de las células, vinculándolo con sus experiencias y conocimientos previos.

Recursos: cuaderno del alumno, proyección de imágenes y vídeos, herramientas virtuales.

❖ **Vídeo motivador** (10 min): comenzamos con un vídeo donde se ve un proceso de [fagocitosis](#) (Rezende de Souza, 2016) y otro donde se observa una [división celular](#) (Science Source Images, 2021), para captar la atención de los estudiantes. En estos dos vídeos pueden, además observar diferentes tipos de células/organismos. Preguntamos a los estudiantes qué creen que están viendo y cómo creen que estos procesos afectan su vida.

❖ **Discusión dirigida** (10 min): iniciamos una breve discusión sobre lo que observaron, haciendo preguntas como: ¿cómo creéis que algo tan pequeño puede realizar funciones tan complejas? ¿Por qué creéis que es importante entender cómo funcionan las células?

Si surge una respuesta dirigida a entender enfermedades o ideas similares, podemos introducir la pregunta de: *¿Conocéis más células fagocitarias que son esenciales para protegernos de patógenos?* De este modo, podemos pasar al siguiente punto.

- ❖ **Exploración y confrontación de ideas** (15 min): mostramos un vídeo e imágenes de una muestra de sangre, de forma que se puedan mostrar diferentes tipos de células, incluidos fragmentos celulares para discutir el concepto de célula. El vídeo incluye un proceso de [fagocitosis](#) por parte de neutrófilos (Gutiérrez Casermeiro, 2011). Hacemos que los estudiantes describan lo que observan, enfocándolos en analizar las diferencias entre los diferentes tipos celulares.
- ❖ **Debate biológico** (15 min): debatimos en términos biológicos la imagen de la sesión anterior (**Imagen 1**). Debemos comentar, entre otros contenidos, que:
 - Los virus son muy pequeños y de estructura relativamente simple, lo que facilita su infección de células hospedadoras y dependencia completa para replicarse.
 - Las bacterias, más grandes y con una estructura más compleja, pueden realizar funciones vitales de forma independiente.
 - Es importante incidir sobre la variedad de bacterias, de células eucariotas, etc. y que eso se refleja en los amplios rangos de tamaño y, por supuesto, en sus funciones.

SESIÓN 3: ESCALANDO – LA CÉLULA MATEMÁTICA

Objetivos: lograr una mayor comprensión de las dimensiones y escalas celulares.

Recursos: cuaderno del alumno, pizarra, proyector, herramientas virtuales.

- ❖ **Visualización de la escala celular** (15 min): utilizamos la herramienta interactiva en línea "[How Big? Interactive](#)" para explorar la escala celular comparando diferentes muestras, desde un pelo humano hasta un rinovirus, para que los alumnos comprendan mejor el tamaño relativo de células y orgánulos, favoreciendo una visión más precisa de las dimensiones celulares (*How Big? Interactive*, s. f.).
- ❖ **Debate matemático y representación de datos** (20 min): discutimos sobre las diferentes formas de representar la escala, ya que la **Imagen 1** es logarítmica pero la de la herramienta interactiva no. A pesar de que no han visto este tipo de escala logarítmica, nos centramos en que entiendan que no es lineal y que deben fijarse en ello para no malinterpretar los resultados.
- ❖ **Representación en gráfico de barras** (10 min): algunos alumnos realizan en la pizarra un gráfico de barras con los mismos datos, para que los estudiantes aprendan otras formas de representar la información. Esta representación gráfica ayuda a consolidar su entendimiento de las escalas y comparar de forma visual y directa los tamaños relativos.

❖ **Tarea** (5 min - para casa): dibujar a escala un virus, una levadura del pan y una célula animal del cuerpo humano que escojan, manteniendo las proporciones. Esta actividad no solo refuerza sus habilidades en matemáticas, sino que también los anima a investigar más sobre las funciones y adaptaciones de cada tipo de célula, fomentando un aprendizaje interdisciplinario y el desarrollo de habilidades críticas.

SESIÓN 4: UNA CÉLULA TRIDIMENSIONAL

Objetivo: permitir a los estudiantes investigar por sí mismos para reforzar la comprensión de la diversidad celular, mientras identifican visualmente diferentes tipos de células bajo el microscopio, exploran la tridimensionalidad y la escala de las células. Además, debemos generar preguntas y dudas específicas sobre la estructura y función celular.

Recursos: cuaderno del alumno, microscopios, muestras de células para microscopía, material de laboratorio, fichas, proyector.

❖ **Introducción** (5 min): repaso rápido sobre la teoría celular y la importancia de observar células bajo el microscopio para comprender su complejidad y diversidad.

❖ **Observación al microscopio** (30 min): los estudiantes, divididos en grupos, observarán células de cebolla y epidermis bajo el microscopio. Se enfocarán en identificar orgánulos visibles y notar diferencias estructurales entre células vegetales y animales. Para destacar la tridimensionalidad, se observarán las células de *Spirogyra*, que permiten ver claramente las estructuras en tres dimensiones como los cloroplastos dispuestos alrededor de la vacuola central, como se observa en el vídeo "[Spirogyra zigosporas](#)" (Ogynit, 2015). Deberán anotar cualquier duda o pregunta que surja durante la observación para discutirla después.

Utilizando las fichas de observación y dibujo (**Anexo I – 1. Fichas de microscopía**), cada estudiante creará su representación de las células observadas enfocándose en representar la tridimensionalidad y las diferencias entre células vegetales y animales.

❖ **Discusión en grupo** (10 min): cada grupo discutirá sus observaciones, especialmente en términos de la forma y estructura tridimensional de las células observadas.

❖ **Recopilación** (5 min): cada grupo compartirá sus preguntas y dudas con la clase. El profesor recogerá estas preguntas para abordarlas en la siguiente sesión, asegurando que las explicaciones futuras estén alineadas con las curiosidades y necesidades de aprendizaje de los alumnos.

SESIÓN 5: EXPLICANDO LA CÉLULA

Objetivo: proporcionar una explicación detallada de los conceptos celulares discutidos en la sesión anterior, profundizando en la comprensión de los tipos de células, su estructura tridimensional y su escala; y corrigiendo errores conceptuales detectados.

Recursos: Presentación explicativa que incluya imágenes detalladas de tipos de células y sus orgánulos, aplicación para visualizar la tridimensionalidad celular (móviles, tabletas u ordenadores), cuaderno del alumno.

❖ **Presentación interactiva y revisión de dudas (35 min):** mediante una presentación, se explicará en detalle la estructura de los diferentes tipos de células. Se repasan los orgánulos celulares y sus funciones, lo cual se complementará con una actividad de repaso de Educaplay que pueden realizar en casa por internet (*Mapa Interactivo: [Funciones Organelos Celulares](#), s. f.*) En la presentación se incluiría la visualización tridimensional de una célula para mostrar los diferentes orgánulos y captar la atención del alumno, para lo cual empleamos una aplicación móvil y la proyectamos (**Imagen 3**, BioDigital, s. f.).

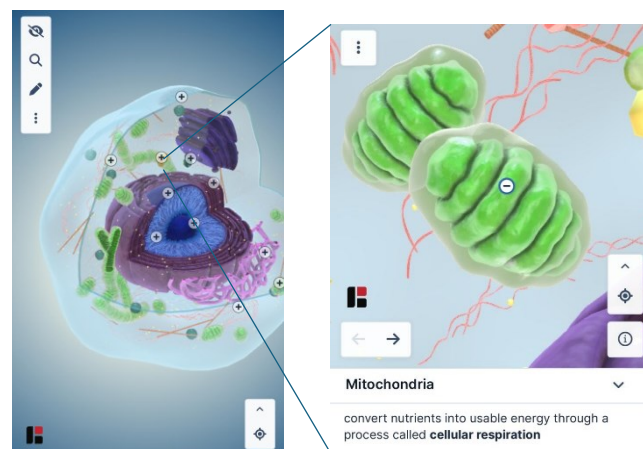


Imagen 3. Visualización tridimensional de una célula animal BioDigital. Se puede rotar y ampliar para observar con detalle el volumen y ofrece información sobre los orgánulos celulares. De BioDigital (s.f.).

❖ **Visualización en 3D (15 min):** los alumnos emplean la aplicación iCell de HudsonAlpha para visualizar individualmente la célula y sus orgánulos con perspectiva tridimensional (**Imagen 4**). En esta aplicación en inglés pueden visualizar, por separado, una célula tipo bacteriana, animal y vegetal. Incluye, además una breve explicación de las funciones de los orgánulos adaptada para diferentes niveles. Está disponible para móvil y ordenador.



Imagen 4. Visualización tridimensional de una célula animal iCell. Pueden manejar una célula tipo bacteriana, animal y vegetal. Se puede rotar y ampliar para observar con detalle el volumen y ofrece información sobre los orgánulos celulares adaptado a diferentes niveles. Aplicación iCell de HudsonAlpha.

- Creo que es interesante que se visualicen modelos de células diferentes para que el reconocimiento de los orgánulos no se base en una simple memorización.

❖ **Resumen y Reflexión:** se pedirá a los estudiantes que reflexionen y anoten en su cuaderno cómo ha cambiado su comprensión sobre las células después de estas actividades, enfatizando la importancia de considerar la tridimensionalidad y la variedad de tipos celulares en estudios biológicos.

SESIÓN 6: ELABORACIÓN DE UN MODELO TRIDIMENSIONAL

Objetivo: aplicar el conocimiento adquirido sobre la estructura y función de las células.

Recursos: materiales para la elaboración de los modelos (los llevarán los alumnos), acceso a ordenadores o tabletas para consultar o bien acceso a recursos digitales o impresos.

❖ **Introducción y explicación del proyecto (8 min):** explicamos a los alumnos que aplicarán su comprensión de la estructura y función celular a la creación de un proyecto creativo. Este proyecto será una maqueta, un póster, una presentación digital o cualquier otro formato que les permita expresar lo que han aprendido sobre las células. Definimos los criterios: en el proyecto debe quedar reflejado el tipo de célula y cuál es su estructura, la escala y la tridimensionalidad. La célula será animal y formará parte del cuerpo humano.

❖ **Planificación del proyecto (18 min):** los alumnos, en grupos, planifican su proyecto. Deben decidir qué tipo de proyecto realizarán, qué materiales necesitarán y cómo lo estructurarán.

- Haremos cinco grupos de cinco o seis alumnos cada uno; los dos ANEE participarán también en esta actividad, repartidos en grupos distintos. Mientras, circulamos por el aula ofreciendo orientación y asegurándonos de que los alumnos están aplicando correctamente sus conocimientos sobre las células y utilizando las habilidades de pensamiento crítico para explorar y explicar los conceptos.

❖ **Presentaciones y retroalimentación (20 min):** los estudiantes presentan brevemente sus planes de proyecto al resto de la clase, recibiendo comentarios tanto de sus compañeros como del profesor, encaminados a afinar sus ideas o a resolver cualquier malentendido.

❖ **Cierre de la sesión (6 min):** recapitular lo que se ha trabajado en clase y establecer expectativas para la finalización de los proyectos y definir la fecha de entrega y los criterios de evaluación para asegurar que los estudiantes comprendan cómo serán evaluados. La rúbrica puede consultarse en el **Anexo II (3. Evaluación de las sesiones de comprensión celular)**. Aprovechamos para motivar a los estudiantes a utilizar esta oportunidad para demostrar su habilidad para comunicar información científica de manera efectiva y creativa.

❖ **Elaboración del modelo (50 min):** disponen de una sesión para elaborar el modelo. Ésta se realiza durante una sesión de la materia de Tecnología y Digitalización.

SESIÓN 7: PRESENTACIÓN DEL MODELO CELULAR

Objetivo: promover las habilidades comunicativas y evaluar la comprensión de los alumnos y corregir cualquier malentendido o error que persista.

Recursos: modelos celulares creados por los alumnos, proyector si es necesario.

- ❖ **Preparación** (5 min): recordamos a los alumnos la dinámica de las presentaciones. Cada grupo dispone de 5 minutos.
- ❖ **Presentaciones y retroalimentación** (40 min): cada grupo presenta su modelo celular. Todos los miembros del grupo deben participar en la presentación. Al final de la presentación, el profesor y los otros compañeros harán una pregunta para clarificar dudas y proporcionar una retroalimentación constructiva.
- ❖ **Cierre** (5 min): el profesor elabora una recapitulación de los puntos clave aprendidos durante la elaboración y la presentación de los modelos.

SESIÓN 8: EVALUACIÓN FINAL

Objetivo: evaluar la comprensión de los alumnos y corregir cualquier malentendido o error que persista.

Recursos: móviles u otros dispositivos para el examen con **Kahoot**, pizarra, proyector.

- ❖ **Examen** (30 min): realización de una prueba tipo test de 30 preguntas, con 30 segundos asignados por pregunta. Este examen evaluará la comprensión de los conceptos clave sobre células y su estructura, diferenciación entre células vegetales y animales, y las funciones de los distintos orgánulos. Utilizaremos **Kahoot** para recibir una retroalimentación inmediata y poder comentar los errores recurrentes encontrados. Mostramos las preguntas empleadas en el **Anexo I (2. Preguntas Kahoot sobre la célula)**. Se realizan preguntas redundantes para valorar la consistencia y profundidad de la comprensión de los estudiantes. Algunas preguntas incluyen solo dos o tres opciones en lugar de cuatro para simplificar la evaluación y enfocarse en los conceptos clave.
- ❖ **Reflexión y retroalimentación** (20 min): completan el apartado L (*Learning*) del diagrama KWL. Aclaramos los errores y discutimos sobre lo aprendido.

SESIÓN 9: EXTENSIÓN – TRANSVERSALIDAD

Objetivo: animar a los estudiantes a interesarse en cómo las células se relacionan con las funciones corporales, ayudando a consolidar su comprensión de la célula como parte de sistemas complejos. Servirá además de introducción para la siguiente unidad.

Recursos: proyección, presentación **PowerPoint**.

- ❖ **Reflexión guiada** (15 min): los alumnos reflexionan individualmente sobre cómo las células contribuyen a la función de un órgano específico. Formulamos algunas preguntas para guiarlos y las van anotando individualmente en su cuaderno:
 - *¿Qué es un órgano? ¿Está formado por un único tipo de células?*
 - *¿Qué tipos de células crees que son esenciales para el funcionamiento de un órgano?*
 - *¿Cómo trabajan juntas estas células para realizar la función del órgano?*
 - *¿Qué pasa si un tipo específico de célula en un órgano no funciona correctamente?*
- ❖ **Discusión** (15 min): comparten sus anotaciones con el grupo y las discutimos.
- ❖ **Explicación de los tejidos** (15 min): explicamos cómo las células no están dispersas al azar en los órganos, sino que se organizan de manera estructurada para formar tejidos específicos. Estos tejidos se ensamblan de manera precisa para formar órganos, cada uno con su estructura y función distintivas, proporcionando una visión integral de la organización biológica. Así, introducimos el concepto de *jerarquía* de los sistemas biológicos. Comentaremos los diferentes tejidos a lo largo de las sesiones de los sistemas corporales.
- ❖ **Reflexión y pregunta final** (5 min): se plantea a los estudiantes la pregunta: **¿Todas las células animales forman parte de órganos?** Los alumnos reflexionan sobre la organización de células en el sistema inmune, destacando que no todas las células animales forman órganos, sino que algunas, como las células del sistema inmune, circulan por el cuerpo realizando funciones vitales.

5.4 Sesiones de integración de la célula en los sistemas corporales

Utilizaremos cuatro sesiones que, además de servir de nexo entre los conceptos celulares previamente estudiados, nos permitirán explicar el sistema inmune. Emplearemos como metodología el desarrollo de una analogía. Tradicionalmente, se compara este sistema con una respuesta policial o militar, lo cual es útil para explicar las complejidades de la respuesta inmune frente a infecciones, pero no aborda las funciones rutinarias y de mantenimiento (Rosenthal, 2017). Para solventar este problema, utilizaremos la analogía de una planta de reciclaje, comparando el cuerpo con una planta que recibe y genera constantemente desechos que deben ser eliminados y/o reciclados. Esta analogía les ayudará a entender cómo el sistema maneja su mantenimiento diario y responde en situaciones de emergencia.

Además, esta analogía permite la introducción de contenidos y competencias relacionados ODS, tales como la importancia del reciclaje y la gestión de residuos en la conservación del medio ambiente y la promoción de la salud, directamente relacionados con los ODS 12 (Producción y Consumo Responsables) y 3 (Salud y Bienestar) y, en general, con problemas y cuestiones importantes para un ciudadano crítico e interesado por su entorno.

SESIÓN 1: INTRODUCCIÓN AL SISTEMA INMUNE Y LA INMUNIDAD INNATA

Objetivo: introducir el concepto de sistema inmune, enfocándose en la inmunidad innata.

Recursos: proyección, presentación, vídeos, imágenes de microscopía, cuaderno.

- ❖ **Introducción** al sistema inmune (15 min): destacamos la función de las barreras primarias y secundarias que conforma la respuesta innata.
- ❖ **Presentación de la analogía** de la planta de reciclaje (5 min): tanto los desechos que el cuerpo produce como material extraño procedente del exterior deben ser eliminados y reciclados para mantener la *homeostasis*. Se les indica que deben anotar en su cuaderno las limitaciones o los malentendidos que encuentren en la analogía a lo largo de las sesiones.
- ❖ **Vídeo con la analogía** de la planta de reciclaje y la inmunidad innata (10 min): proyectamos un vídeo, elaborado con **Animaker**, con la analogía de la planta de reciclaje para explicar la inmunidad innata. Este vídeo se utiliza como base para ir explicando la analogía. Al principio, incluimos una llamada a la reflexión y la presentación de la planta de reciclaje, para darle un peso adicional de esta práctica sostenible. Se puede acceder al [vídeo](#) a través de un enlace de YouTube (Alonso, 2024b). Se trata de una versión corta del vídeo, que se puede ralentizar o bien ir parando a lo largo de la explicación.



Imagen 5. Introducción de la analogía de la planta de reciclaje. Incluimos una reflexión y la presentación de una planta de reciclaje, destacando la importancia de esta práctica sostenible.

- ❖ De este modo, debemos ir describiendo cada componente, incorporando conceptos importantes adicionales a los que aparecen en el vídeo.
 - Las **barreras físicas** (piel, mucosas) como las paredes y filtros de la planta de reciclaje. En la **Imagen 6-A**, se puede ver una captura de pantalla, muestra del vídeo elaborado. Podemos incluir aquí barreras como los movimientos de las vellosidades de la pared intestinal y de microvellosidades de los enterocitos, incidiendo en que no se trata de una barrera tisular, sino celular, pero con fines semejantes.

- Las **barreras bioquímicas** (secreciones) y **biológicas** (microbiota) como sistemas de desinfección que eliminan bacterias y otros contaminantes y como las personas encargadas de esta desinfección, respectivamente (**Imagen 6-B**).



Imagen 6. Analogía de las barreras físicas y biológicas del sistema inmune innato. Se muestra una captura de escenas del vídeo empleado para desarrollar el sistema inmune innato a través de una analogía con una planta de reciclaje, particularmente de las barreras físicas y biológicas.

- Los **fagocitos** (macrófagos y neutrófilos) como los recolectores de basura, identificando y eliminando desechos y patógenos de forma genérica (**Imagen 7**). Reconocen los diferentes tipos de residuos mediante señales específicas, como el color u otras particularidades del residuo, que serían como las moléculas presentes en los patógenos o células exógenas o dañadas (**antígenos**).
 - **Macrófagos** como trabajadores regulares de reciclaje, siempre presentes, adaptables y trabajando continuamente para mantener la planta limpia.
 - **Neutrófilos** como personal de emergencia de reciclaje, llamado en situaciones de crisis para eliminar rápidamente grandes cantidades de residuos peligrosos o tóxicos.
- Dentro de la respuesta inflamatoria explicamos que hay moléculas producidas en los lugares donde se requiere la respuesta inmune, como las **citoquinas**, como alarmas o avisos de emergencia que notifican a todos los trabajadores y al personal de emergencia para que actúen rápidamente. Con respecto a la **inflamación**, se puede comparar con una mayor habilitación de vías de acceso o pasillos adicionales para permitir la entrada rápida de equipos y personal adicional. Puede haber un interruptor de aviso sonoro o luminoso (histamina) para alertar al personal, así como personas encargadas de *pulsarlo*.



Imagen 7. Analogía de los macrófagos y neutrófilos del sistema inmune innato. Se muestra una captura de escenas del vídeo empleado para desarrollar el sistema inmune innato a través de una analogía con una planta de reciclaje, particularmente de los fagocitos (macrófagos y neutrófilos).

❖ **Analogía de los tejidos (20 min):** es una buena oportunidad para introducir algunos tipos de tejido para que vayan tomando consciencia de la integración de la célula dentro del organismo y la función de los tejidos. Durante la explicación, mostramos imágenes de microscopía de los tejidos. Por ejemplo:

- **Tejido epitelial de revestimiento como** los muros y puertas, así como los filtros, de la planta de reciclaje que evitan que entren contaminantes no deseados, y como el material plástico que recubre un contenedor y permite o no el paso de material a través del levantamiento de la tapa. Igual que un edificio puede tener diferentes grosores o materiales, las barreras primarias son diferentes a lo largo del cuerpo.
- **Tejido conectivo como** las estructuras de soporte que mantienen los muros y filtros en su lugar en una planta de reciclaje.
- Es importante incidir que, al igual que existen otros edificios, estos tejidos forman parte otras órganos y sistemas corporales.

SESIÓN 2: INMUNIDAD ADQUIRIDA

Objetivo: explorar la inmunidad adquirida mediante la continuación de la analogía.

Recursos: proyección, presentación, vídeos, cuaderno.

❖ **Revisión de la inmunidad innata (5 min):** hacemos un breve repaso de la sesión anterior.

❖ **Analogía de la planta de reciclaje y la inmunidad adquirida (30 min):** proyectamos un [vídeo](#) de [Animaker](#) en línea con la estética anterior, para explicar la inmunidad adquirida comparándola con los trabajadores especializados de la planta de reciclaje que manejan tipos específicos de desechos (Alonso, 2024c). A continuación, se describe cada componente (**Imagen 8**).

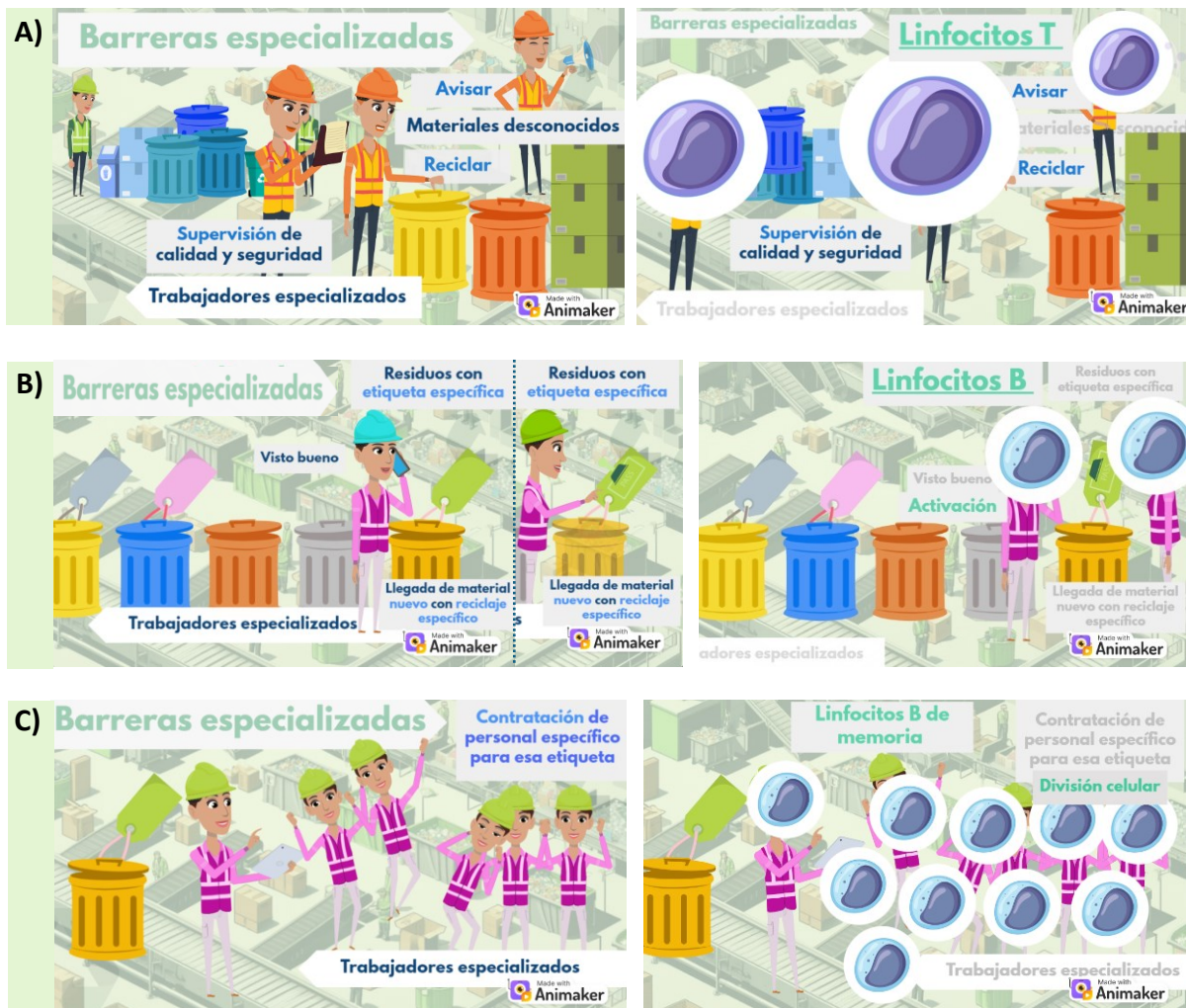


Imagen 8. Analogía de los Linfocitos T y B del sistema inmune adquirido. Se muestra una captura de escenas del vídeo empleado para desarrollar el sistema inmune adquirido o adaptativo a través de una analogía con una planta de reciclaje, particularmente de los Linfocitos T y B.

- **Linfocitos T** como supervisores de calidad y seguridad se aseguran de que todos los procesos de reciclaje se realicen correctamente y que no haya materiales desconocidos que puedan causar problemas. Algunos tipos destruyen estos materiales y otros se encargan de avisar, es decir, de activar otras células y coordinar la respuesta inmunitaria.
- **Linfocitos B** como trabajadores especializados en identificar y procesar materiales desconocidos. Son avisados por los supervisores de calidad y seguridad, los linfocitos T. Estos expertos pueden crear etiquetas (**anticuerpos**) para señalar cómo debe manejarse cada material. Estas etiquetas son específicas para cada tipo de material desconocido,

cuyas características eran los antígenos. *Marcan* a los patógenos para su destrucción, permitiendo que otras células del sistema inmune los reconozcan y eliminen.

- Además, se contrata personal especializado en ese material por si ese material entra de nuevo a la planta de reciclaje, haya suficiente personal que sepa cómo procesarlo. Estos trabajadores serían los **linfocitos B de memoria (Imagen 8-C)**.
- El **sistema linfático** como sistema extra interno de transporte y comunicación que mueve materiales y mensajes entre diferentes departamentos, asegurando que todos los procesos se realicen de manera eficiente y coordinada. Debemos indicarles que lo diferencien del sistema sanguíneo, que verán con detalle más adelante.
- **Ganglios linfáticos** como centros de control y distribución. En ellos, las células inmunitarias se encuentran, se comunican y coordinan la respuesta.
- Las moléculas que permiten diferenciar las células y componentes del propio cuerpo como las etiquetas del material y tarjetas identificadoras de los trabajadores.

❖ **Microscopía** (15 min): observamos las células inmunitarias al microscopio.

SESIÓN 3A: INTEGRACIÓN DEL SISTEMA INMUNE COMPLETO

Objetivo: explicar cómo el sistema inmune utiliza ambos tipos de inmunidad para proteger al cuerpo de manera efectiva, además de incidir en el *dinamismo* y complejidad de este sistema.

Recursos: proyección, vídeo.

❖ **Analogía de la planta de reciclaje y el sistema inmune completo** (10 min): integramos ambas partes de la analogía: cómo los trabajadores generales y especializados de la planta de reciclaje trabajan juntos para mantener la salud del cuerpo (**Imagen 9**). Está explicación está incluida al final del vídeo de la anterior sesión (Alonso, 2024c).



Imagen 9. Analogía de la relación entre el sistema inmune innato y el adquirido. Se representa, mediante la analogía con respecto a una planta de reciclaje, la relación entre el sistema inmune innato y adquirido, así como las relaciones entre todos los componentes del sistema inmune, a través de comunicaciones celulares y la presentación de antígenos.

Además de la comunicación a través de moléculas como citoquinas, etc. les explicamos de forma sencilla la presentación de antígenos: muchas veces, la parte del residuo que es clave

para identificarlo o que es desconocida, en inmunología el antígeno, es transportado por algunos de los trabajadores encargados de eliminarlo, como los regulares (macrófagos) para informar de su presencia a otros trabajadores especializados (linfocitos B).

- ❖ **Revisión general** (5 min): repaso rápido de los conceptos clave cubiertos en las sesiones anteriores.

SESIÓN 3B: LIMITACIONES Y EXTENSIONES DE LA ANALOGÍA

Objetivo: evaluar la comprensión de los estudiantes y discutir las limitaciones de la analogía utilizada.

Recursos: proyección, vídeo, cuaderno.

- ❖ **Discusión sobre las limitaciones de la analogía** (25 min): discutir con los estudiantes las limitaciones de la analogía de la planta de reciclaje. Planteamos las limitaciones en forma de preguntas que discutimos entre todos:

- *¿Cómo se limita la analogía al considerar que las células inmunitarias y los residuos no son personas ni basura?* En una planta de reciclaje, los trabajadores son personas y los residuos son materiales inertes. En el sistema inmunitario, las células son entidades vivas que interactúan de manera compleja y dinámica con su entorno. Además, los patógenos no son simplemente *basura*, sino organismos vivos o partículas biológicas activas que intentan infectar el cuerpo. Esta diferencia es crucial para entender la complejidad y la naturaleza activa del sistema inmunitario.
- *¿Existen más células que participen en la respuesta inmunitaria además de los mencionados?* Sí, existen muchas más células que participan en la respuesta inmunitaria; y no solamente células, sino moléculas de diferente tipo. Así, se incide sobre la gran complejidad de este sistema.
- *¿Cómo se limita la analogía entre los anticuerpos y las etiquetas en los residuos?* La especificidad y función activa de los anticuerpos es mucho más compleja que la función pasiva de una etiqueta.
- *¿Las células inmunitarias tienen una larga vida útil?* No, presenta una vida limitada y se regeneran constantemente, lo que asegura una respuesta efectiva continua. En una planta de reciclaje, los trabajadores no tienen una vida útil predefinida.
- *¿Cómo se diferencian los patógenos de los desechos en el sistema inmunitario?* Los mecanismos de identificación (antígeno-anticuerpo) son mucho más complejos que las características y etiquetas de la analogía, existiendo miles de antígenos diferentes en el mundo e, incluso, muchos antígenos para un mismo patógeno. Además, los antígenos no son las únicas marcas, existen otras muchas *moléculas identificadoras*.

❖ **Extensión** (5 min): como concepto de reciclaje, preguntamos:

- *¿Qué se hace con la basura que se recicla?* Al igual que una planta de reciclaje, el sistema inmune destruye los patógenos en moléculas más pequeñas que luego emplea para mantener vivas las células y crear otras nuevas. Sin embargo, no todos los materiales se pueden reciclar, por lo que son retirados.

❖ **Cierre de la sesión y resumen** (5 min): recopilamos los conceptos aprendidos.

SESIÓN 4: TRANSVERSALIDAD DEL SISTEMA INMUNE

Objetivo: entender el papel del sistema inmunitario en la vacunación y la donación de órganos, y cómo estas prácticas contribuyen a la salud pública y personal.

Recursos: proyector, presentación, vídeos.

❖ **Introducción** (5 min): se introduce al tema de la vacunación y la donación de órganos, destacando su relevancia en la salud pública.

❖ **Explicación de la vacunación** (10 min): explicación sobre qué son las vacunas, cómo funcionan y por qué son importantes. Siguiendo con la analogía, las **vacunas** son como trabajadores extra que llevan residuos de otros lugares, marcados ya con las etiquetas especiales. De esta forma, ya saben cómo procesar ese tipo de material y pueden reconocerlos fácilmente en el futuro.

❖ **Explicación y discusión** (10 min): debatimos sobre la memoria inmunológica y la importancia de la inmunidad de grupo.

❖ **Explicación de la compatibilidad en la donación de órganos** (10 min): explicación sobre la donación de órganos, exponiendo la compatibilidad inmunológica y el rechazo de órganos. Siguiendo con la analogía, podemos comparar la incompatibilidad con documentos de identificación y etiquetas usadas en otra planta de reciclaje. Si van de visita, deben utilizar las de la propia planta para ser adecuadamente identificados.

❖ **Discusión** (10 min): debatimos juntos sobre la donación de órganos, con la formulación de preguntas como *¿Qué desafíos enfrenta el sistema inmunitario durante un trasplante de órganos? ¿Cómo contribuye la donación de órganos a salvar vidas?*

❖ **Explicación de la tarea para casa** (5 min): pedimos a los alumnos que elaboren dos redacciones diferentes, una dirigida a sus padres y otra a sus compañeros, para clarificar y detallar los conceptos. Integrar la escritura en el currículo de ciencias no solo vale como evaluación, sino como parte del proceso educativo, incentivando a los estudiantes a consolidar su conocimiento y a adaptarse a diferentes contextos (Gunel et al., 2009). La rúbrica de esta tarea se puede consultar en el **Anexo II (4. Evaluación de la redacción)**.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA INMUNE

Además de la tarea de redacción, se evaluará la comprensión de los conceptos clave del sistema inmune en el examen trimestral, junto con el sistema respiratorio. La rúbrica se muestra en el **Anexo II (5. Evaluación del sistema inmune y digestivo)**.

5.5 Sesiones de integración de los sistemas corporales

Las sesiones de integración de los sistemas corporales se realizarán mediante el ABP. Desarrollaremos detalladamente el sistema digestivo en 5 sesiones y, además, se planteará un problema para relacionarlo con el sistema respiratorio para la interconexión y asentamiento de los conocimientos sobre dichos sistemas. Cada grupo de alumnos se encargará de investigar y resolver un problema específico relacionado con su sistema asignado. Para estudiar la anatomía correspondiente, todos completarán desde casa una actividad interactiva. Además, la anatomía se evaluará en el examen trimestral. Los grupos encargados presentarán sus resultados al final y discutirán la integración de las células en sus sistemas. Además, los estudiantes participarán en una actividad continua que incluye la toma de notas en su cuaderno y debates.

SESIÓN 1: INTRODUCCIÓN DEL PROBLEMA DEL SISTEMA DIGESTIVO

Objetivos: conocer el problema y entender los componentes básicos del sistema digestivo.

Recursos: material con información sobre el sistema digestivo, material con el problema, acceso a internet, cuaderno.

- ❖ **Introducción** (5 min): recordamos de la dinámica de ABP, ya explicada anteriormente.
- ❖ **Elaboración de grupos** (5 min): asignamos los roles correspondientes de los grupos. Se recuerda cuál es el grupo al que le toca encargarse de la exposición final y práctica de microscopía para este sistema.
- ❖ **Presentación del problema** (5 min): exponemos el problema, en este caso, *“Un joven de ingiere accidentalmente una molécula experimental llamada Gastrofata y presenta y presenta dolor de estómago y problemas digestivos. Encuentran el compuesto exclusivamente en heces, no en sangre ni restos estomacales”*. Disponen de información adicional sobre esta molécula (**Imagen 10**). Esta información puede servir para responder a algunas preguntas, aunque deberán distinguir la información necesaria de la superflua.
- ❖ **Discusión inicial común** (15 min): explicación general de los órganos principales del sistema digestivo y sus funciones. Tratamos de identificar lo que saben sobre el sistema digestivo, formulando preguntas como:
 - *¿Cómo se absorben los diferentes tipos de nutrientes?*

- ¿Qué papel juegan las glándulas salivales en la digestión? ¿Cómo se transporta el alimento desde la boca hasta el estómago a través del esófago?
- ¿Cuál es la función principal del estómago en la digestión? ¿Cómo contribuye el ácido clorhídrico a la digestión en el estómago?
- ¿Qué diferencia existe entre el intestino grueso y el delgado? ¿Cómo ayudan las enzimas digestivas a descomponer los alimentos en el intestino delgado? ¿Cuál es la función de las microvellosidades?
- ¿Cómo contribuyen las bacterias del colon a la digestión y la salud general?
- ¿Cuál es el rol del hígado en el proceso digestivo? ¿Qué es y cómo contribuye la bilis a la digestión de grasas?
- ¿Qué enzimas digestivas produce el páncreas y cuál es su función específica? ¿Cómo regula el páncreas los niveles de azúcar en la sangre?



Tipo de compuesto	Proteína
Origen	Experimental, sintético
Tamaño molecular	Alto peso molecular
Solubilidad	Soluble en agua, insoluble en grasas
Efecto esperado	Interferencia con enzimas digestivas
Metabolismo	Difícil de metabolizar
Ruta de eliminación	Principalmente a través de las heces

Imagen 10. Características de Gastrofatal para la ficha problema del sistema digestivo. Se muestra la tabla con las características del compuesto cuyo paso por el sistema digestivo deben evaluar.

❖ **Explicación del compuesto** (10 min): explicamos las características de *Gastrofatal*, incidiendo en las dudas y errores que identifiquemos. Formulamos preguntas adicionales para que se planteen el problema:

- ¿Cómo podría el compuesto afectar a las enzimas digestivas?
- ¿Cómo podría afectar su dieta a la absorción del compuesto por el sistema digestivo? (En relación con la características “insoluble en grasas”)
- ¿Crees que el joven ha ingerido recientemente el compuesto? (En relación con la características “Difícil de metabolizar” y su presencia exclusivamente en heces)

❖ **Tarea para casa:** realizar la actividad sobre la anatomía del sistema digestivo, elaborada con un [Genially](#) que combina diferentes tipos de tareas. En este caso, incluimos dos [actividades rellenables](#) y una de [arrastrables](#), que pueden realizar en línea, a través un enlace que se les facilitará a través del aula virtual (Alonso, 2024a).

- En la primera, los alumnos deben introducir el nombre de la parte señalada, sin faltas ortográficas. Si la respuesta es correcta, aparecerá junto al recuadro una señal que se lo indicará, en este caso un OK. En la **Imagen 11** se pueden ver una de estas tareas rellenables, desde la página de creación (*Auth Genially, s. f.-a*). Los símbolos "ON" y "GLOBAL_ON" son parte de la plantilla que permite que todo funcione adecuadamente, pero no aparecen en la visualización final. Una vez los alumnos completen todas las palabras de forma correcta, aparecerá un indicador de avance.

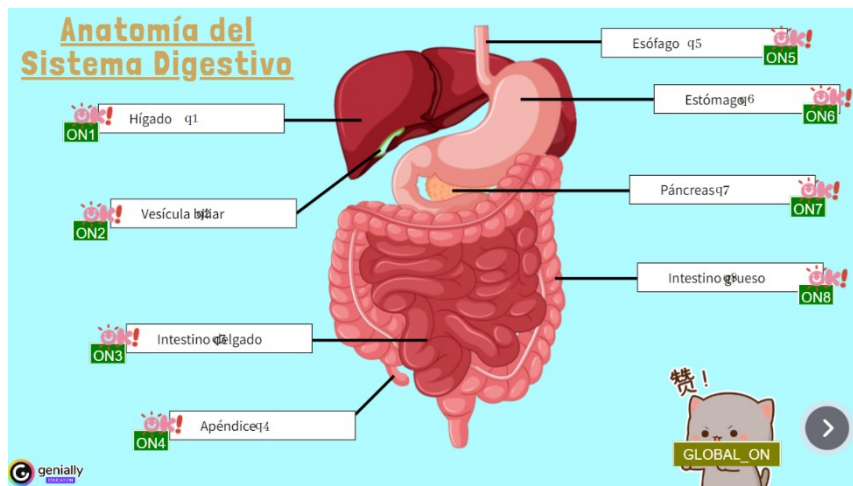


Imagen 11. Actividad rellenable para el estudio de la anatomía del sistema digestivo. Los alumnos deben introducir el nombre de la parte señalada. Si la respuesta es correcta, aparece un 'OK'. Los símbolos 'ON' y 'GLOBAL_ON' son parte de la plantilla y no se perciben en la visualización final. Una vez completadas todas las respuestas correctamente, aparece un símbolo que indica avanzar (Alonso, 2024a).

- En la actividad arrastrable, los alumnos deben arrastrar cada palabra de la izquierda al lugar correcto según indican las líneas que señalan las diferentes partes (**Imagen 12**). En este caso, solo reciben retroalimentación una vez todos los arrastrables estén situados de adecuadamente; en ese momento aparece la señal de avance.

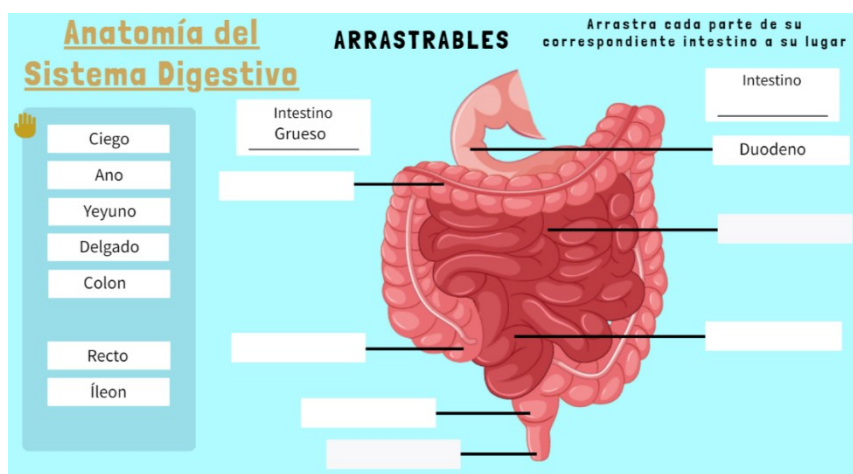


Imagen 12. Actividad de arrastrables para el estudio de la anatomía del sistema digestivo. Los alumnos deben arrastrar cada palabra al lugar correcto. La retroalimentación aparece solo cuando todos los elementos están correctamente situados, momento en el que se muestra la señal de avance (Alonso, 2024a).

- ❖ Recomendamos a los alumnos a utilizar una aplicación para visualizar la anatomía tridimensional de este sistema antes de la actividad, además del material teórico proporcionado. Concretamente, pueden usar, también durante la sesiones en clase, un recurso en línea muy útil para visualizar los sistemas corporales completos (*Zygote Body 3D Anatomy Online Visualizer | Human Anatomy 3D*, s. f.). La barra de herramientas ubicada en el lado izquierdo de esta herramienta permite a los usuarios eliminar progresivamente capas del cuerpo humano, revelando las estructuras internas de manera interactiva (**Imagen 13**).

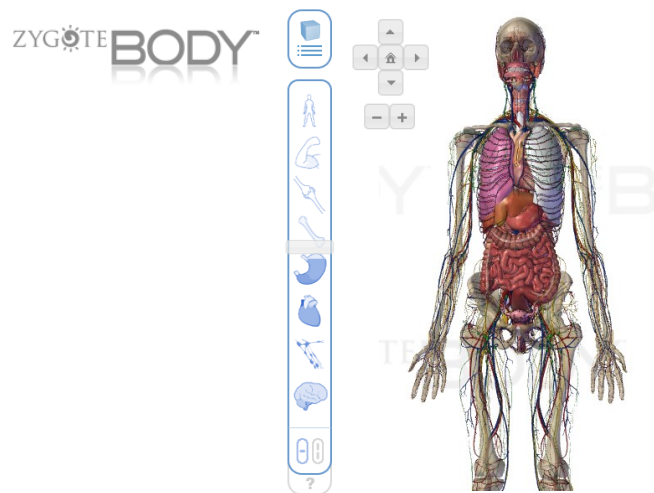


Imagen 13. Visualización tridimensional del cuerpo humano con Zygote Body. Esta herramienta permite la visualización detallada de varios sistemas del cuerpo humano. La barra de herramientas a la izquierda permite eliminar progresivamente capas del cuerpo, revelando estructuras internas.

Otros recursos disponibles son el *Manual MSD Versión Para Público General* (s. f.) y BioDigital (s. f.), o la aplicación *3D Anatomy Learning*, de Education Mobile, que ofrece una visualización detallada y precisa de la anatomía sin una carga excesiva de publicidad

Debemos incidir en que aproveche esos recurso para mejorar su comprensión, centrándose en contenidos que no pueden comprenderse fácilmente en una imagen bidimensional, como la zona de unión entre intestino delgado y grueso o la posición de órganos como el páncreas (**Imagen 14**).

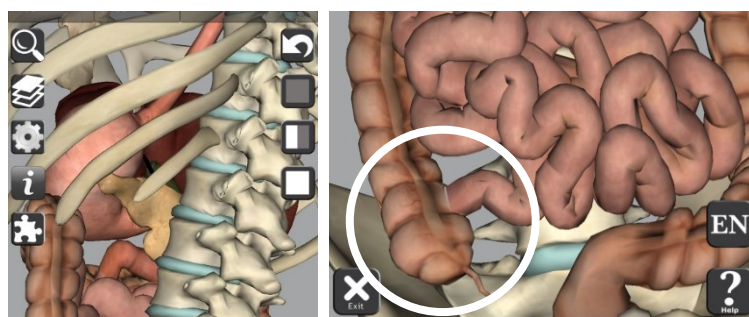


Imagen 14. Visualización tridimensional del sistema digestivo con 3D Anatomy Learning. Se puede rotar y ampliar para observar con detalle la tridimensionalidad. Se muestra una imagen representativa tomada de la aplicación, donde se puede observar desde otro perspectiva el páncreas (izquierda) y la unión del intestino grueso y delgado (derecha).

SESIONES 2-3: Análisis del sistema digestivo y su afectación

Objetivos: conocer en detalle el funcionamiento de los diferentes órganos del sistema digestivo y plantearse a cuál puede estar afectando el compuesto *Gastrofatal*.

Recursos: material con información sobre el sistema digestivo, acceso a internet, cuaderno.

❖ **Trabajo grupal** (50 + 50 min): cada grupo discute sobre las características y la función de cada órgano y evalúa si pueden estar siendo afectados por el compuesto:

- El líder debe introducir el problema del joven que ingirió *Gastrofatal* y distribuir las tareas de investigación sobre cada órgano del sistema digestivo.
- El grupo discute las características y funciones de cada órgano y evalúa cómo el compuesto *Gastrofatal* podría afectarlos. Mientras tanto, los docentes se acercan a las mesas para resolver dudas y comprobar que todos los grupos avanzan correctamente.
- El reportero toma notas durante las discusiones, presentará los hallazgos del grupo de manera clara y resumida y prepara la presentación final.
- El revisor toma notas detalladas, revisa la información recopilada para asegurarse de que sea precisa y completa, y verifica que todos los miembros del grupo estén de acuerdo con las conclusiones.

Debemos asegurarnos de que estudian el problema de forma ordenada, teniendo en cuenta la *jerarquía* del sistema digestivo, desde los órganos, las células y las moléculas implicadas, y que entienden la importancia de mantener la regulación de este sistema (*homeostasis*) y su complejidad cambiante (*dinamismo*).

SESIÓN 4: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Objetivos: evaluar la comprensión de los estudiantes encargados de la presentación y profundizar en el entendimiento del sistema digestivo.

Recursos: preparaciones microscópicas, cuaderno.

❖ **Exposición** (30 min): el grupo encargado del sistema digestivo realiza una breve explicación de este, incluyendo la descripción detallada sobre las células en cuestión, en este caso la célula con microvellosidades del estómago. El reportero del grupo presenta sus deducciones sobre cómo *Gastrofatal* afecta el sistema digestivo. Al finalizar, instamos a los compañeros a hacer las preguntas y realizamos las nuestras.

❖ **Sesión de microscopía** (20 min): los alumnos observan muestras de células del estómago, guiados por los compañeros encargados.

SESIÓN 5: INTERDISCIPLINARIEDAD Y TRANSVERSALIDAD

Planeamos esta sesión con el profesor correspondiente para introducir y aplica el concepto de mol, recogido en el currículo de la materia de Física y Química de 3º ESO. Previamente han introducido las reacciones químicas y el concepto de mol.

❖ **Revisión del concepto de mol** (15 min): explicación el concepto de moles y su importancia en química.

❖ **Relación molecular de los procesos digestivos** (5 min): recordamos cómo los alimentos se descomponen en nutrientes (macromoléculas) a nivel molecular.

❖ **Presentación y resolución de un problema realista** (15 min): presentamos el siguiente problema: “Un estudiante de 3º ESO está interesado en mejorar su dieta para tener más energía durante sus estudios y actividades físicas. Se entera de que los carbohidratos son una fuente importante de energía y decide comer exclusivamente pasta. Las porciones que ingiere diariamente contienen 300 gramos de carbohidratos (principalmente en forma de almidón, que es un polímero de glucosa)”. Si la ingesta diaria de un adolescente activo debe estar entre 2500-3000 kilocalorías, equivalentes a alrededor de 3,5-4,3 moles de glucosa, ¿está tomando las calorías suficientes?

○ Determinar cuántos moles de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) se producirán al digerir completamente los 300 gramos de carbohidratos de la pasta.

▪ Calculan la masa molecular de la glucosa, que es 180 g/mol.

▪ Calculan los moles de glucosa de su dieta: $\frac{300 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 1,7$ moles. Por tanto, según la referencia bibliográfica empleada, estaría por debajo de lo necesario.

❖ **Discusión sobre nutrición** (15 min): planteamos cuál podría ser la solución. La ideas es incidir sobre por qué no sería adecuado simplemente incrementar los gramos de pasta. Debemos dejar claro que, independientemente de la cantidad de calorías, es muy importante que los adolescentes consuman una dieta balanceada que incluya una variedad de alimentos para asegurar que obtengan todos los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo.

○ Es importante que sepan que la pasta no solo está formada por almidón, sino que también contiene proteínas, fibras y otros nutrientes. Además, el peso de la porción incluye estos componentes, lo que contribuye a su valor nutricional total. Este ejercicio subraya la complejidad de los alimentos y la importancia de considerar todos sus componentes para una comprensión completa de la nutrición.

Finalmente, quiero indicar que los datos del problema son cálculos basados en la bibliografía (Ramos et al., 2015; Roberfroid, 1999), pero su exactitud depende de varios factores. No

obstante, el planteamiento del problema es útil tanto para practicar el concepto de mol como para discutir sobre la importancia de la nutrición.

SESIÓN DE INTERCONEXIÓN ENTRE SISTEMAS

Como parte de la educación en la comprensión de la integración de los sistemas corporales, se destinan sesiones intermedias para plantear problemas que conecten los diferentes sistemas corporales. Particularmente, el 20 de diciembre se destinaría a interrelacionar el sistema digestivo y el respiratorio. Se podría llevar a cabo con la presentación del siguiente enunciado: "Un estudiante de secundaria, ha notado que después de una comida copiosa, siente que su respiración se vuelve más pesada y tiene una sensación de falta de aire. Quiere entender por qué sucede esto y cómo están conectados sus sistemas digestivo y respiratorio".

Tras un período de reflexión y revisión de conceptos (20 minutos), fomentaremos una discusión entre todos para valorar la relación entre ambos sistemas (30 minutos).

6. Evaluación de la metodología y propuestas de mejora

Ante la propuesta de este trabajo, identificamos áreas de mejora que deben abordarse para optimizar la experiencia de aprendizaje de todos los estudiantes. A continuación, describo brevemente la evaluación y las propuestas de mejora reconocidas sobre diversos aspectos incluidos en el trabajo.

Considero que el tiempo asignado para cada actividad es el adecuado. Sin embargo, es posible que algunos estudiantes necesiten un tiempo adicional para completar ciertas tareas, especialmente en las sesiones de microscopía. Para futuras implementaciones, se podría considerar un ajuste en los tiempos planeados para asegurar que todos los alumnos completen las actividades.

Se aplicaron principios del DUA para asegurar que las actividades sean accesibles y efectivas con independencia de las habilidades y estilos de aprendizaje. Sin embargo, sería necesaria la creación de material adicional para los ANEE. No obstante, se ha tenido en cuenta la inclusión de estos alumnos en la medida de lo posible, para fomentar su integración en el trabajo ordinario del resto de compañeros.

Las sesiones de microscopía deberían no solo reforzar el aprendizaje teórico, sino también estimular el interés y la curiosidad científica entre los estudiantes. Sin embargo, es importante planificar la disponibilidad de microscopios y muestras de calidad para garantizar una experiencia óptima para todos. Se propone la utilización de recursos en línea ante la imposibilidad de acceder a este tipo de prácticas.

Además, se ha observado que muchas aplicaciones educativas gratuitas dependen en gran medida de la publicidad, lo cual puede ser perjudicial. Estas aplicaciones, con sus constantes anuncios y mapas de recompensas, pueden distraer a los estudiantes y fomentar comportamientos adictivos, un hecho especialmente importante en adolescentes. En este trabajo, se ha tratado de ofrecer recursos que eviten o minimicen esta problemática.

Finalmente, encuentro también un área de mejora dentro de la analogía de la planta de reciclaje. Es probable que los alumnos tengan un conocimiento limitado sobre las funciones y responsabilidades del personal de una planta de reciclaje. Para abordar esta deficiencia, se ha implementado la analogía de forma visual, a través de un video que pretende suscitar el interés de los estudiantes. No obstante, considero que la analogía empleada es sencilla de comprender y ofrece mucha versatilidad para ampliar contenidos más complejos en un futuro.

En conclusión, aunque la metodología planificada parece ser efectiva en teoría, es necesario implementar y evaluar estas actividades para identificar las áreas de mejora específicas. Los ajustes basados en estas observaciones contribuirán a crear un entorno educativo más inclusivo, equitativo y eficaz.

7. Conclusiones

En este trabajo se ha investigado la integración de diversas metodologías didácticas y recursos para la enseñanza de la biología celular y su relación con los sistemas corporales. Durante las sesiones, se ha destacado la importancia de emplear un pensamiento crítico y un enfoque interdisciplinario y transversal, que no solo enriquece la comprensión de los alumnos, sino que también les permite aplicar sus conocimientos a contextos reales y significativos.

Una conclusión relevante es la utilidad de numerosas aplicaciones y recursos ya disponibles que, aunque necesitan ser revisados y adaptados al currículo, resultan ser tanto útiles como versátiles. Estas herramientas digitales, como modelos anatómicos y simulaciones interactivas, buscan facilitar un aprendizaje más interactivo y colaborativo, captando el interés de los estudiantes y promoviendo una comprensión más profunda de los conceptos biológicos.

El currículo de Biología y Geología de 3º de ESO es particularmente adecuado para promover un aprendizaje significativo, ya que permite relacionar las células con su función, estructura y papel dentro del cuerpo humano. Esta relación directa facilita la comprensión de la importancia de cada componente celular y su contribución al funcionamiento del organismo, mejorando así la retención del conocimiento. Para lograr esto, una metodología activa es esencial, permitiendo a los estudiantes involucrarse directamente a través de actividades prácticas y experimentales. No obstante, también se requiere una parte expositiva que proporcione la base teórica necesaria para comprender los conceptos. La combinación de estos enfoques, junto con una constante retroalimentación, asegura que los alumnos no solo adquieran conocimientos, sino que también puedan corregir malentendidos y profundizar en su aprendizaje.

Además, este tercer curso ofrece una excelente oportunidad para abordar temas transversales como la nutrición, la adicción y otros aspectos relacionados con la salud. Integrar estos contenidos en el currículo enriquece la educación científica de los estudiantes y les proporciona herramientas para tomar decisiones informadas y saludables en su vida diaria.

Es importante mencionar que las sesiones propuestas en este trabajo no se han probado aún en un entorno real. Sin embargo, su planteamiento se basa en publicaciones científicas y metodológicas que respaldan su eficacia. Estas sesiones se han diseñado para ser implementadas o servir de orientación, con el objetivo de proporcionar una guía práctica y fundamentada para la enseñanza de la biología celular en la educación secundaria.

En resumen, la integración de recursos digitales, la combinación de metodologías activas y explicativas, y el enfoque en un aprendizaje significativo y transversal son claves para una educación biológica efectiva y duradera. Con la gran cantidad de herramientas y recursos disponibles, no hay excusas para no intentar implementar estas estrategias. Estas prácticas no solo mejoran la comprensión y retención de conocimientos, sino que también preparan a los estudiantes para enfrentar y resolver problemas complejos en el mundo real, contribuyendo a su desarrollo como futuros científicos y ciudadanos informados y responsables.

8. Referencias y bibliografía

- Allen, D., y Tanner, K. (2003). Approaches to cell biology teaching: Learning content in context - Problem-based learning. *Cell Biology Education*, 2(2), 73-81. <https://doi.org/10.1187/cbe.0304-0019>
- Assaraf, O. B. Z., Dodick, J., y Tripto, J. (2013). High School Students' Understanding of the Human Body System. *Research in Science Education*, 43(1), 33-56. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9245-2>
- Balta, N., y Sarac, H. (2016). The Effect of 7E Learning Cycle on Learning in Science Teaching: A meta-Analysis Study. *European Journal of Educational Research*, 61-72. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.5.2.61>
- Bureau, J. S., Howard, J. L., Chong, J. X. Y., y Guay, F. (2022). Pathways to Student Motivation: A Meta-Analysis of Antecedents of Autonomous and Controlled Motivations. *Review of Educational Research*, 92(1), 46-72. <https://doi.org/10.3102/00346543211042426>
- Canel Fernández, P. (2013). *El enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias. El cambio climático, ¿Realidad o ficción?* 1-44. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/2856>
- Ceccacci-Sawicki, L., Portela, M. P., Fernández, C., Salica, M., y Olguín, V. (2023). Are Analogies an Effective Tool for Teaching? A Systematic Review. *Revista Electronica Educare*, 27(2), 1-18. <https://doi.org/10.15359/ree.27-2.15890>
- Cerrah Özsevgeç, L., Artun, H., y Ünal, M. (2012). The effects of swedish knife model on students' understanding of digestive system. *Asia-Pacific Forum Science Learning and Teaching*, 13(2).
- Chavan, R. (2016). Difficulties In Teaching Biology Concepts By Science Teachers At Upper Primary Level Rajendra Chavan. *Refereed And Indexed Journal Aayushi International Interdisciplinary Research Journal* (09922455749), 9-18.
- DeHaan, R. L. (2009). Teaching Creativity and Inventive Problem Solving in Science. *CBE—Life Sciences Education*, 8(1752), 172-181. <https://doi.org/10.1187/cbe.08>
- Doğru, M. S., y Özsevgeç, L. C. (2018). Biology Subjects Which the Teacher Candidates Have Difficulties in Learning and Leading Reasons. *European Journal of Education Studies*, 5(5), 221-232. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1479932>
- Duit, R., Roth, W. M., Komorek, M., y Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies - Between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 283-303. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00034-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00034-7)
- Eisenkraft, a. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59. <http://www.its-about-time.com/iat/5e.pdf>
- Fernández Fernández, M. del M., y Jiménez Tejada, M. P. (2019). Difficulties learning about the cell. Expectations vs. reality. *Journal of Biological Education*, 53(3), 333-347. <https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1469542>

- Flores, F., Tovar, M. E., y Gallegos, L. (2003). Representation of the cell and its processes in high school students: An integrated view. *International Journal of Science Education*, 25(2), 269-286. <https://doi.org/10.1080/09500690210126793>
- Glynn, S. M. (1994). Teaching Science with Analogies: A Strategy for Teachers and Textbook Authors. *Reading Research Report*, 15, 185-204.
- Glynn, S. M. (2008). Making science concepts meaningful to students: Teaching with analogies. *Four Decades of Research in Science Education*, 113-125.
- Gregorcic, T., y Torkar, G. (2022). Using the structure-behavior-function model in conjunction with augmented reality helps students understand the complexity of circulatory system. *Advances in Physiology Education*, 46(3), 367-374. <https://doi.org/10.1152/ADVAN.00015.2022>
- Gülsüm, G. (2014). *The effect of 7e learning cycle instruction on 6* [Tesis doctoral] The Graduate School of Social Sciences of Middel East Technical University
- Junta de Castilla y León. (2022). DECRETO 39/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Oficial de Castilla y León*, 190, 48850-49542.
- Lazarowitz, R., y Penso, S. (1992). High school students' difficulties in learning biology concepts. *Journal of Biological Education*, 26(3), 215-223. <https://doi.org/10.1080/00219266.1992.9655276>
- Luthfyanti, J., Lutfi, A., Sari, I. J., y Aberilla, O. (2024). High School Students' Interests, Difficulties, and Conceptual Understanding of Cell Concepts. *Biodidaktika: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 19(1), 29. <https://doi.org/10.30870/biodidaktika.v19i1.24180>
- Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works? *American Journal of Physiology - Advances in Physiology Education*, 30(4), 159-167. <https://doi.org/10.1152/advan.00053.2006>
- Paris, N. A., y Glynn, S. M. (2004). Elaborate analogies in science text: Tools for enhancing preservice teachers' knowledge and attitudes. *Contemporary Educational Psychology*, 29(3), 230-247. [https://doi.org/10.1016/S0361-476X\(03\)00033-X](https://doi.org/10.1016/S0361-476X(03)00033-X)
- Park, S., y Chen, Y. C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922-941. <https://doi.org/10.1002/tea.21022>
- Putica, K. B., y Trivić, D. D. (2017). Improving high-school students' conceptual understanding and functionalization of knowledge about digestion through the application of the interdisciplinary teaching approach. *Journal of Baltic Science Education*, 16(1), 123-139. <https://doi.org/10.33225/jbse/17.16.123>
- Ramos, D. S., Ortigoza, L. del V., y Dezar, G. V. (2015). Requerimiento energético en adolescentes: estudio a partir de fórmulas predictivas y consumo calórico. *Fabibic*, 18, 151-165. <https://doi.org/10.14409/fabibic.v18i0.4852>

- Roberfroid, M. B. (1999). Caloric value of inulin and oligofructose. *Journal of Nutrition*, 129(7 SUPPL.), 1997-1998. <https://doi.org/10.1093/jn/129.7.1436s>
- Rosenthal, K. S. (2017). Dealing with Garbage is the Immune System's Main Job. *MOJ Immunology*, 5(6), 6-8. <https://doi.org/10.15406/moji.2017.05.00174>
- Snapir, Z., Eberbach, C., Ben-Zvi-Assaraf, O., Hmelo-Silver, C., y Tripto, J. (2017). Characterising the development of the understanding of human body systems in high-school biology students – A longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 39(15), 2092-2127. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1364445>
- Toinpere Mercy, F.-J., y Tamaraudeinyefa, T. (2022). Areas and Causes of Students' Difficulties in Learning the Concept of Cell in Secondary School Biology Curriculum. *International Journal of Advanced Academic Research*, 8(3), 2488-9849. www.ijaar.org
- Tripto, J., Ben-Zvi Assaraf, O., Snapir, Z., y Amit, M. (2016). The 'What is a system' reflection interview as a knowledge integration activity for high school students' understanding of complex systems in human biology. *International Journal of Science Education*, 38(4), 564-595. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1150620>
- Vijapurkar, J., Kawalkar, A., y Nambiar, P. (2014). What do Cells Really Look Like? An Inquiry into Students' Difficulties in Visualising a 3-D Biological Cell and Lessons for Pedagogy. *Research in Science Education*, 44(2), 307-333. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9379-5>
- Wagner, B. J. (2014). Integrating K-W-L Prompts into Science Journal Writing: Can Simple Question Scaffolding Increase Student Content Knowledge? 84.
- Yu, L., y Zin, Z. M. (2023). The critical thinking-oriented adaptations of problem-based learning models: a systematic review. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1139987>

8.1 Webgrafía

- Alonso, P. (2024a, 2 de junio). *Avanza en los Sistemas Corporales*. [Contenido interactivo] Genially. <https://view.genially.com/663a2914b0fce700144820db/interactive-content-avanza-en-los-sistemas-corporales>
- Alonso, P. (2024b, 2 de junio). *Ecodefensa - inmunidad innata* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=fijBhi54oLs>
- Alonso, P. (2024c, 2 de junio). *Ecodefensa - inmunidad adquirida* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=LBCCHnIMBf0>
- BioDigital* (s. f.). Interactive 3D Anatomy-Disease Platform. BioDigital. <https://www.biodigital.com>
- Cc0-Photographers. (s. f.). Fotos gratis : fotografía, azul, oreja, labio, ceja, boca, pestaña, de cerca, cuerpo humano, cara, nariz, mejilla, algas, iris, ojo, cabeza, piel, belleza, Cejas, Organo, frente, cuidado de la visión, extensiones de pestañas 2560x1920. Pxhere. <https://pxhere.com/es/photo/743594>**
- Auth genially* (s. f.-a). <https://app.genially.com/editor/663b296e6c4a24001452e8c4>

Auth genially (s. f.-b). <https://app.genially.com/editor/664649dfe265760014514a17>

Freepik | Create great designs, faster. (s. f.). Freepik. <http://www.freepik.com>

https://www.freepik.es/vector-gratis/diagrama-que-muestra-estructura-intestino-delgado_24081740.htm#fromView=search&page=1&position=2&uuid=6885e337-b89b-442c-beb2-1b044f8c93fb

https://www.freepik.es/vector-gratis/poster-informativo-sobre-celulas-humanas_10163188.htm#fromView=search&page=1&position=8&uuid=6885e337-b89b-442c-beb2-1b044f8c93fb

https://www.freepik.es/vector-gratis/conjunto-cuerpo-humano-anatomia_10163663.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuid=87341604-554b-4a7a-9938-4e0bb54f0c43

https://www.freepik.es/vector-gratis/diminuto-hombre-mujer-pie-cerca-escalas-cerebro-corazon-pensar-elegir-sentimientos-mente-instintos-logica-ilustracion-vectorial-plana-concepto-equilibrio-intuicion-logica_21683539.htm#fromView=search&page=1&position=27&uuid=dbea3736-6dc4-4918-9195-7511f751aeae

https://www.freepik.es/vector-gratis/anatomia-celular-composicion-eucariota-procariota-conjunto-imagenes-coloridas-leyendas-texto-punteros-ilustracion-vectorial_43869054.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuid=93dda1a5-71be-457c-adeb-7eb0c4ea1d50

https://www.freepik.es/vector-gratis/infografia-clasificacion-animales-dibujada-mano_26526554.htm#fromView=search&page=1&position=1&uuid=b561c323-0de9-4353-a9aa-04794502b5f1

https://www.freepik.es/vector-gratis/ilustracion-concepto-ecosistema_14205322.htm#fromView=search&page=1&position=18&uuid=9e882b6c-6f7e-4827-94f3-2dfa038f3c00

https://www.freepik.es/vector-gratis/diagrama-fragmentacion-reproduccion-asexual_26353791.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuid=4f1499bf-1aba-4c83-bb06-30def7cd29a7

https://www.freepik.es/vector-gratis/fondo-dia-maestro-dibujado-mano-espanol_25182514.htm#fromView=search&page=1&position=2&uuid=cf0f5476-2a53-4c00-ad05-089c5998dadb

Gutiérrez Casermeiro M. (2011, 22 de abril). T15.01 *Fagocitosis bacteriana* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=cwputi8wE7>

Gunel, M., Hand, B., y McDermott, M. A. (2009). *Writing for different audiences: Effects on high-school students' conceptual understanding of biology*. Learning and Instruction, 19(4), 354-367. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.07.001>

How big? interactive (s. f.) [Herramienta interactiva] https://www.cellsalive.fun/cellsalive_files/howbig_js.htm

Index of /guia_docente/backup/2013/471/45871/1. (s. f.). https://www5.uva.es/guia_docente/backup/2013/471/45871/1/

Ogynit (2015, 22 de diciembre). *Spirogyra zigosporas* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=JSzudu-dFXA>

Mapa Interactivo: Funciones organelos celulares (s. f.). [Herramienta interactiva] https://es.educaplay.com/recursos-educativos/727895-funciones_organelos_celulares.html

Modelos 3D - Manual MSD versión para público general (s. f.). Manual MSD Versión Para Público General. <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/pages-with-widgets/modelos-3d?>

Pombal, M. (s. f.). *Histología animal. Imágenes. Atlas de Histología Vegetal y Animal.* <https://mmegias.webs.uvigo.es/a-imagenes-todas/epitelios.php>

Pxhere. (s. f.). *Fotos gratis : piel, mano, uña, dedo, brazo, cuello, articulación, gesto, hombro, músculo 4000x2667.* https://pxhere.com/es/photo/1555107#google_vignette

Rezende de Souza B. (2016, 30 de octubre). *Amoeba fagocitando paramecio* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-OMRuZYg2FU>

Science Source Images (2021, 20 de abril). *Mitosis in an animal cell Under the Microscope* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=DDqDmsQwflU>

Tankeshwar, A., & Tankeshwar, A. (2024, 28 de febrero). *Size of Bacteria: Giant, Smallest, and Regular Ones.* Microbe Online. <https://microbeonline.com/size-of-bacteria>

Universal Design for Learning Guidelines version 2.2: The UDL guidelines (s. f.). <https://udlguidelines.cast.org>

Use la ilustración de vector símbolo de basura bin | Vectores de dominio público. (s. f.). <https://publicdomainvectors.org/es/vectoriales-gratuitas/Use-la-ilustraci%C3%B3n-de-vector-s%C3%ADmbolo-de-basura-bin/32635.html>

Wong, W. W. (s. f.). *The Cell Image Library.* Cell Image Library. <http://www.cellimagelibrary.org>

Zygote Body 3D Anatomy Online Visualizer | Human Anatomy 3D (s. f.). <https://www.zygotebody.com/#nav=1.51,140,160,0,0,0,0&sel=p;;h;;s;;c;0;o:0&layers>

8.2 Atribuciones

Se ha utilizado Freepik como fuente valiosa de recursos gráficos para las distintas actividades presentadas, así como recursos bajo licencias Creative Commons, que han permitido la incorporación de elementos adicionales. Están indicados en **negrita** en la webgrafía.

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN PROFESOR DE EDUCACION SECUNDARIA OBLIGATORIA,
BACHILLERATO, FORMACION PROFESIONAL Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS

ESPECIALIDAD: BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

**Herramientas para la adquisición de competencias en Biología:
entendiendo e integrando la célula y los sistemas corporales**
*Tools for competency acquisition in Biology: understanding and
integrating the cell and the body systems*

ANEXOS

Anexo I

1. Ficha de microscopía

Parte 1: Observación de células de cebolla

Preparación de la muestra:

- Toma una capa fina de la epidermis interna de una cebolla.
- Colócala sobre un portaobjetos y añade una gota de agua.
- Cubre la muestra con un cubreobjetos.

Observación:

- Ajusta el microscopio para enfocar la muestra.
- Observa y dibuja las células de cebolla.
- Identifica y anota los orgánulos visibles como la pared celular, el núcleo y el citoplasma.

Dibujo de Observación:

Descripción:

- Pared celular:

- Núcleo:

- Citoplasma:

Preguntas y Dudas:

Parte 2: Observación de epidermis humana

Preparación de la muestra:

- Raspa suavemente la superficie interior de la mejilla con un hisopo.
- Extiende el material recogido sobre un portaobjetos.
- Añade una gota de agua y cubre con un cubreobjetos.

Observación:

- Ajusta el microscopio para enfocar la muestra.
- Observa y dibuja las células epiteliales.
- Identifica y anota los orgánulos visibles como la membrana celular, el núcleo y el citoplasma.

Dibujo de Observación:

Descripción:

- Membrana celular:
- Núcleo:
- Citoplasma:

Preguntas y Dudas:

Parte 3: Observación de *Spirogyra*

La muestra ya está preparada.

Observación:

- Ajusta el microscopio para enfocar la muestra.
- Observa y dibuja las estructuras tridimensionales de las células de *Spirogyra*.
- Identifica y anota los orgánulos visibles como los cloroplastos y la vacuola central.

Dibujo de Observación:

- Descripción:

- Cloroplastos:

- Vacuola central:

Preguntas y Dudas:

Conclusiones generales

Sobre las diferencias estructurales entre células vegetales y animales observadas y sobre la tridimensionalidad observada en *Spirogyra*.

2. Preguntas Kahoot sobre la célula

A continuación, se indican las preguntas tipo test y verdadero/falso que se emplearían para el examen de comprensión celular, indicando la respuesta correcta.

1. ¿Qué orgánulo es conocido como el *centro de control* de la célula?
 - Núcleo
 - Ribosoma
 - Mitocondria
 - Cloroplasto
2. ¿Qué estructura celular es responsable de la producción de energía en la célula?
 - Lisosoma
 - Mitocondria
 - Aparato de Golgi
 - Vacuola
3. ¿Cuál es la función principal del ribosoma?
 - Producción de proteínas
 - Fotosíntesis
 - Digestión de nutrientes
 - Almacenamiento de lípidos
4. ¿Qué orgánulo es específico de las células vegetales y realiza la fotosíntesis?
 - Mitocondria
 - Cloroplasto
 - Retículo endoplasmático
 - Lisosoma
5. ¿Qué orgánulo celular está involucrado en la modificación y el empaquetamiento de proteínas?
 - Aparato de Golgi
 - Núcleo
 - Ribosoma
 - Cloroplasto
6. ¿Qué estructura rodea a todas las células y controla el movimiento de sustancias hacia dentro y fuera de la célula?
 - Pared celular
 - Membrana plasmática
 - Citoplasma
 - Núcleo

7. ¿Cuál es la diferencia principal entre la célula vegetal y la célula animal?
- Las células vegetales tienen mitocondrias y las animales no.
 - Las células vegetales tienen una pared celular y cloroplastos.
8. ¿Qué orgánulo contiene enzimas digestivas que descomponen macromoléculas en la célula?
- Lisosoma
 - Ribosoma
 - Aparato de Golgi
 - Mitocondria
9. ¿Dónde se encuentran los cromosomas en la célula?
- Núcleo
 - Citoplasma
 - Aparato de Golgi
 - Retículo endoplasmático
10. ¿Qué componente celular está compuesto de microtúbulos y filamentos y proporciona soporte estructural?
- Citoplasma
 - Citoesqueleto
 - Retículo endoplasmático
 - Lisosoma
11. ¿Qué estructura se encarga del transporte de materiales dentro de la célula?
- Aparato de Golgi
 - Retículo endoplasmático
 - Mitocondria
 - Núcleo
12. ¿Cuál es la función de la vacuola en la célula vegetal?
- Almacenamiento de agua y nutrientes
 - Respiración celular
 - Digestión intracelular
13. ¿Qué orgánulo tiene su propio ADN y se cree que tiene un origen endosimbiótico?
- Mitocondria
 - Ribosoma
 - Aparato de Golgi
 - Lisosoma

14. ¿Qué parte de la célula es responsable de la fotosíntesis?

- Núcleo
- **Cloroplasto**
- Ribosoma
- Mitocondria

15. ¿Qué orgánulo es conocido como el *centro de reciclaje* de la célula?

- **Lisosoma**
- Ribosoma
- Retículo endoplasmático

16. ¿Qué orgánulo está asociado con la respiración celular y producción de energía?

- **Mitocondria**
- Cloroplasto
- Aparato de Golgi
- Lisosoma

17. ¿Cuál es la función principal del núcleo?

- **Controlar las actividades celulares y almacenar el ADN**
- Producción de energía
- Síntesis de proteínas

18. ¿Qué orgánulo forma vesículas de transporte?

- **Aparato de Golgi**
- Mitocondria
- Ribosoma
- Núcleo

19. ¿Qué orgánulo almacena agua, nutrientes y productos de desecho en las células vegetales?

- **Vacuola**
- Lisosoma
- Mitocondria
- Cloroplasto

20. ¿Qué parte de la célula es selectivamente permeable y regula el paso de sustancias?

- **Membrana plasmática**
- Pared celular
- Núcleo
- Citoplasma

Verdadero/Falso

21. La membrana plasmática está presente solo en las células animales. **Falso**
22. El núcleo de la célula es responsable de controlar las actividades celulares y almacenar el ADN. Verdadero
23. El cloroplasto es un orgánulo exclusivo de las células animales. **Falso**
24. La pared celular está presente en las células vegetales y animales. **Falso**
25. Las vacuolas en las células vegetales son generalmente más grandes que las de las células animales. **Verdadero**
26. El citoplasma es el fluido dentro de la célula que contiene los orgánulos. **Verdadero**
27. El retículo endoplasmático liso es responsable de la síntesis de proteínas. Falso
28. Las células animales tienen cloroplastos que realizan la fotosíntesis. **Falso**
29. Las células vegetales tienen una estructura rígida llamada pared celular que les proporciona soporte y protección. **Verdadero**
30. Los peroxisomas descomponen productos tóxicos dentro de la célula. **Verdadero**

Anexo II

1. Evaluación de la participación						
Criterio	Indicador	Nivel de logro				
Trabajo en equipo	Escucha activa y respeto	No escucha a los demás, muestra falta de respeto y responde de manera inadecuada.	A veces no escucha a los demás, muestra falta de respeto ocasionalmente y responde de manera inadecuada.	Escucha a los demás la mayoría de las veces, muestra respeto y responde de manera adecuada.	Escucha a los demás, muestra respeto la mayoría de las veces y responde de manera constructiva.	Escucha atentamente a los demás, muestra respeto en todo momento y responde de manera constructiva.
	Colaboración en grupo	No trabaja bien con otros, no fomenta la participación ni contribuye al trabajo colectivo.	Trabaja con dificultad con otros, rara vez fomenta la participación y contribuye poco al trabajo colectivo.	Trabaja de manera aceptable con otros, fomenta la participación de algunos miembros del grupo y contribuye al trabajo colectivo.	Trabaja bien con otros, fomenta la participación de la mayoría de los miembros del grupo y contribuye al trabajo colectivo.	Trabaja de manera excelente con otros, fomenta la participación de todos los miembros del grupo y contribuye al trabajo colectivo.
Desempeño académico y proactividad	Calidad de las contribuciones	Las contribuciones no son relevantes ni fundamentadas, no aportan valor a la discusión.	Las contribuciones son pocas veces relevantes y fundamentadas, aportando poco valor a la discusión.	Las contribuciones son a veces relevantes y bien fundamentadas, aunque pueden ser superficiales.	Las contribuciones son generalmente relevantes y bien fundamentadas, aportando valor a la discusión.	Las contribuciones son siempre relevantes, bien fundamentadas y enriquecen la discusión.
	Preparación para la clase	Nunca está preparado para la clase, no hace las lecturas ni tareas previas.	Rara vez está preparado para la clase, habiendo hecho pocas de las lecturas y tareas previas.	A veces está preparado para la clase, habiendo hecho algunas de las lecturas y tareas previas.	Generalmente está preparado para la clase, habiendo hecho la mayoría de las lecturas y tareas previas.	Siempre está preparado para la clase, habiendo hecho las lecturas y tareas previas, y aporta información basada en ellas.
	Iniciativa	No toma la iniciativa en la discusión ni aporta ideas nuevas.	Rara vez toma la iniciativa en la discusión y aporta pocas ideas nuevas.	A veces toma la iniciativa en la discusión y aporta algunas ideas nuevas.	Frecuentemente toma la iniciativa en la discusión y aporta nuevas ideas.	Toma la iniciativa en la discusión, introduce nuevos temas y conduce la conversación.

Competencias y criterios de evaluación

Competencia específica 1: *Interpretar transmitir información y datos científicos y argumentar sobre ellos utilizando de forma adecuada la terminología científica y en diferentes formatos para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.*

1.3 - Analizar y explicar fenómenos representándolos mediante modelos y diagramas y utilizando, cuando sea necesario, los pasos del método científico, usando adecuadamente el vocabulario relacionado con el pensamiento científico en un contexto preciso y adecuado a su nivel para la resolución de problemas y expresando sus opiniones e ideas.

Competencia específica 4: *Utilizar el razonamiento, el pensamiento computacional y el pensamiento lógico formal, analizando críticamente las respuestas y soluciones obtenidas y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.*

4.1 - Resolver problemas o dar explicación a procesos utilizando los conocimientos y datos aportados por el profesorado, el razonamiento lógico, el pensamiento computacional o los recursos digitales, gestionando y utilizando su entorno personal digital de aprendizaje.

4.2 - Analizar críticamente la solución a un problema sobre fenómenos utilizando información veraz y la terminología científica adecuada, aplicando la metodología científica y aplicaciones informáticas sencillas.

2. Evaluación del proyecto científico*

 criterio	 Indicador	 Nivel de logro				
Comprensión del Contenido	Comprensión del contenido del sistema corporal asignado	Demuestra nula comprensión del sistema corporal asignado y las células involucradas.	Demuestra poca comprensión del sistema corporal asignado y las células involucradas.	Demuestra una comprensión básica del sistema corporal asignado y de las células involucradas.	Demuestra una buena comprensión del sistema corporal asignado y las células involucradas.	Demuestra una clara comprensión del sistema corporal, su funcionamiento y la importancia de sus células.
	Comprensión de jerarquía, dinamismo y homeostasis	No logra explicar la integración de este sistema con otros.	Explica de manera limitada la integración de este sistema con otros, pero no entiende sus alteraciones.	Explica de manera limitada la integración de este sistema con otros corporales, así como su alteración.	Explica de manera adecuada la integración de este sistema con otros y sus alteraciones.	Explica con precisión la integración de este sistema con otros su posible alteración
	Comprensión del contenido histórico	No aborda la historia y las contribuciones científicas.	Aborda incorrectamente la historia y las contribuciones científicas.	Menciona de manera superficial la historia y algunas contribuciones científicas.	Describe en general la historia y las contribuciones de algunos científicos.	Describe detalladamente la historia y las contribuciones de científicos relevantes.
Calidad del informe	Puntualidad en la entrega	No entrega el trabajo.	Entrega el trabajo con un retraso significativo.	Entrega el trabajo con un retraso moderado (un día o dos después).	Entrega el trabajo con un leve retraso (el mismo día).	Entrega el trabajo a tiempo.
	Orden y presentación	El trabajo está desorganizado y la presentación es deficiente e ilegible.	El trabajo está desorganizado y la presentación es deficiente, aunque más o menos legible.	Muestra un nivel básico de organización, con errores que afectan a la legibilidad.	El trabajo está bien organizado y presentado de manera clara.	El trabajo está excepcionalmente bien organizado, con presentación clara.
	Calidad de la investigación	La investigación es nula o insuficiente.	La investigación es insuficiente y no se adapta correctamente a lo solicitado.	La investigación es adecuada pero no se adapta correctamente a lo solicitado.	La investigación es buena y se adapta al nivel solicitado.	La investigación es exhaustiva y supera el nivel solicitado.

Manejo de fuentes de información veraces	Selección de fuentes	Selecciona fuentes nada confiables e irrelevantes	Selecciona fuentes poco confiables o irrelevantes	Utiliza algunas fuentes confiables, pero otras que no	Elige fuentes confiables y mayormente relevantes	Selecciona fuentes altamente confiables y pertinentes
	Citación correcta de fuentes	Comete errores graves y no comprende el proceso de citación	Comete errores significativos en la citación de fuentes.	Comete errores ocasionales en la citación de fuentes.	Cita las fuentes correctamente, con mínimos errores.	Cita las fuentes de manera precisa y conforme al formato indicado
	Interpretación y uso de las fuentes (*)	Muestra dificultades significativas en la interpretación y uso de las fuentes	Muestra dificultades moderadas en la interpretación y uso de las fuentes	Interpreta de manera básica, con algunas incomprendiones o interpretaciones erróneas	Interpreta correctamente las fuentes y las utiliza de manera adecuada.	Interpreta las fuentes de manera crítica y las integra eficazmente en su trabajo
Calidad de la presentación	Coherencia	La presentación carece de estructura lógica clara.	La estructura lógica es débil, con muchos saltos y falta de claridad	La presentación es parcialmente lógica, con varios saltos o confusiones	La mayoría de la presentación sigue una secuencia lógica, con algunas excepciones.	La presentación sigue una secuencia lógica y clara en todo momento.
	Consistencia de Terminología	No se utiliza terminología científica de manera consistente.	La terminología es mayormente inconsistente y confusa.	Hay varios errores o inconsistencias en el uso de la terminología.	La terminología es, en su mayoría, consistente, con algunas excepciones.	Se utiliza terminología científica de manera consistente y adecuada en toda la presentación.
	Uso de recursos visuales	Los recursos visuales son inexistentes o no son relevantes ni apoyan el contenido.	Pocos recursos visuales son relevantes y muchos no apoyan el contenido.	Algunos recursos visuales son relevantes, pero otros no apoyan el contenido de manera efectiva.	La mayoría de los recursos visuales son relevantes y apoyan el contenido.	Todos los recursos visuales son altamente relevantes y apoyan directamente el contenido.

*Se incluirán comentarios adicionales para proporcionar retroalimentación específica sobre áreas de mejora y destacar los puntos fuertes de cada proyecto.

Competencias y criterios de evaluación

Competencia específica 1: *Interpretar transmitir información y datos científicos y argumentar sobre ellos utilizando de forma adecuada la terminología científica y en diferentes formatos para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.*

- 1.1 - Analizar conceptos y procesos interpretando y organizando la información en diferentes formatos y en diferentes idiomas manteniendo una actitud crítica y obteniendo conclusiones fundamentadas utilizando adecuadamente el lenguaje científico.
- 1.2 - Facilitar el análisis de información transmitiéndola de forma clara utilizando la terminología científica y el formato adecuados, destacando aquellos como informes diagramas, fórmulas y contenidos digitales, utilizando estos formatos de manera creativa.
- 1.3 - Analizar y explicar fenómenos representándolos mediante modelos y diagramas y utilizando, cuando sea necesario, los pasos del método científico, usando adecuadamente el vocabulario relacionado con el pensamiento científico en un contexto preciso y adecuado a su nivel para la resolución de problemas y expresando sus opiniones e ideas.

Competencia específica 2: *Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.*

- 2.1 - Resolver cuestiones de la materia localizando, seleccionando y organizando información mediante el uso y citación correctos de distintas fuentes de veracidad científica y compartiendo contenidos mediante herramientas virtuales.
- 2.2 - Reconocer la información con base científica distinguiéndola de pseudociencias y noticias falsas a través del uso del pensamiento científico y manteniendo una actitud escéptica ante estos, intentando desarrollar soluciones creativas sostenibles resolviendo problemas concretos del entorno.
- 2.3 - Valorar la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de personas dedicadas a ella destacando el papel de la mujer y entendiendo la investigación como una labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución influida por el contexto político y económico.
- 2.4 - Utilizar de forma correcta recursos científicos atendiendo a criterios de validez y haciendo un uso seguro de estos.

Competencia específica 3: *Planificar y desarrollar proyectos de investigación y experimentos, siguiendo los pasos de las metodologías propias de la ciencia y cooperando cuando sea necesario para indagar en aspectos relacionados con las ciencias biológicas y geológicas, y así, asentar conocimientos.*

3.1 - Plantear preguntas e hipótesis que puedan ser respondidas o contrastadas utilizando la metodología científica mediante textos escritos o búsquedas en Internet intentando explicar fenómenos e intentar realizar predicciones sobre estos.

3.2 - Diseñar la experimentación, la toma de datos y el análisis a medio y largo plazo de modo que permitan responder a preguntas concretas y contrastar una hipótesis planteada a través de mecanismos de autoevaluación que permitan al alumnado aprender de sus errores.

Competencia específica 4: *Utilizar el razonamiento, el pensamiento computacional y el pensamiento lógico formal, analizando críticamente las respuestas y soluciones obtenidas y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.*

4.1 - Resolver problemas o dar explicación a procesos utilizando los conocimientos y datos aportados por el profesorado, el razonamiento lógico, el pensamiento computacional o los recursos digitales, gestionando y utilizando su entorno personal digital de aprendizaje.

4.2 - Analizar críticamente la solución a un problema sobre fenómenos utilizando información veraz y la terminología científica adecuada, aplicando la metodología científica y aplicaciones informáticas sencillas.

3. Evaluación de las sesiones de comprensión celular

Critero	Indicador	Nivel de logro				
Comprensión conceptual celular en examen test	Comprensión estructural	No demuestra comprensión de los conceptos. No diferencia entre células vegetales y animales.	Demuestra una comprensión limitada de los conceptos. Pocas diferencias correctas entre células vegetales y animales.	Muestra una comprensión aceptable de los conceptos.	Muestra una comprensión muy buena de los conceptos.	Demuestra una comprensión excelente de los conceptos sobre células y sus estructuras.
	Comprensión funcional de los orgánulos	No identifica las funciones de los orgánulos.	Identifica pocas funciones de los orgánulos.	Identifica algunas funciones de los orgánulos.	Identifica la mayoría de las funciones de los orgánulos.	Identifica correctamente las funciones de los orgánulos.
Comprensión y precisión científica del modelo	Comprensión de la estructura	El modelo no demuestra comprensión de la estructura y función de la célula animal.	El modelo muestra una comprensión limitada de la estructura y función de la célula animal.	El modelo muestra una comprensión aceptable de la estructura y función de la célula animal.	El modelo muestra una buena comprensión de la estructura y función de la célula animal.	El modelo muestra una comprensión excelente de la estructura y función de la célula animal.
	Coherencia y corrección	Los orgánulos no están representados o etiquetados correctamente	Pocos orgánulos están representados y etiquetados correctamente.	Algunos orgánulos están representados y etiquetados correctamente.	La mayoría de los orgánulos relevantes están representados y etiquetados correctamente.	Todos los orgánulos relevantes están representados y etiquetados correctamente.
	Visión de tridimensionalidad y escala	La escala y tridimensionalidad son incorrectas.	La escala y tridimensionalidad son inadecuadas.	La escala y tridimensionalidad son correctas, aunque con errores menores.	La escala y tridimensionalidad son adecuadas.	La escala y tridimensionalidad son precisas y bien ejecutadas.
	Creatividad	Se utilizaron materiales de manera inapropiada y sin creatividad.	Se utilizaron materiales de manera inefectiva y poca creatividad.	Se utilizaron materiales de manera aceptable y cierta creatividad.	Se utilizaron materiales de manera adecuada y con creatividad.	Se utilizaron materiales de manera efectiva y original.

Presentación del modelo	Claridad y coherencia	La presentación es incomprensible.	La presentación es confusa o desorganizada.	La presentación es comprensible.	La presentación es clara y coherente.	La presentación es clara, coherente y bien estructurada
	Cooperación	Ningún miembro del grupo participa adecuadamente o se faltan el respeto.	Pocos miembros del grupo participan o colaboran, pero todos con respeto.	Algunos miembros participan de manera adecuada, pero todos con respeto.	La mayoría de los miembros del grupo participan de manera efectiva y con respeto.	Todos los miembros del grupo participan de manera adecuada y con respeto.
	Resolución de preguntas	No responden nada o no de forma adecuada a las preguntas.	Responde a pocas preguntas adecuadamente.	Responde a algunas preguntas de manera adecuada.	Responde bien a las preguntas.	Responde excelentemente a las preguntas.

Competencias y criterios de evaluación

Competencia específica 1: *Interpretar transmitir información y datos científicos y argumentar sobre ellos utilizando de forma adecuada la terminología científica y en diferentes formatos para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.*

1.1 - Analizar conceptos y procesos interpretando y organizando la información en diferentes formatos y en diferentes idiomas manteniendo una actitud crítica y obteniendo conclusiones fundamentadas utilizando adecuadamente el lenguaje científico.

1.2 - Facilitar el análisis de información transmitiéndola de forma clara utilizando la terminología científica y el formato adecuados, destacando aquellos como informes diagramas, fórmulas y contenidos digitales, utilizando estos formatos de manera creativa.

Competencia específica 2: *Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.*

2.1 - Resolver cuestiones de la materia localizando, seleccionando y organizando información mediante el uso y citación correctos de distintas fuentes de veracidad científica y compartiendo contenidos mediante herramientas virtuales.

2.4 - Utilizar de forma correcta recursos científicos atendiendo a criterios de validez y haciendo un uso seguro de estos.

Competencia específica 3: *Planificar y desarrollar proyectos de investigación y experimentos, siguiendo los pasos de las metodologías propias de la ciencia y cooperando cuando sea necesario para indagar en aspectos relacionados con las ciencias biológicas y geológicas, y así, asentar conocimientos.*

3.4 - Interpretar los resultados obtenidos en el proyecto de investigación utilizando métodos inductivos y deductivos, herramientas matemáticas y tecnológicas.

3.5 - Participar dentro de un proyecto científico asumiendo responsablemente una función concreta, aplicando estrategias cooperativas, demostrando respeto hacia la diversidad, la igualdad de género, equidad y empatía, y favoreciendo la inclusión.

3.6 - Presentar la información y las conclusiones obtenidas mediante la experimentación y observación de campo utilizando el formato adecuado, principalmente digital.

3.7 - Conocer las normas de seguridad a la hora de realizar un trabajo científico de campo o de laboratorio valorando los riesgos.

3.8 - Reconocer la autonomía adquirida al desarrollar el trabajo científico en el laboratorio estudiando y experimentando.

Competencia específica 4: *Utilizar el razonamiento, el pensamiento computacional y el pensamiento lógico formal, analizando críticamente las respuestas y soluciones obtenidas y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.*

4.1. - Resolver problemas o dar explicación a procesos utilizando los conocimientos y datos aportados por el profesorado, el razonamiento lógico, el pensamiento computacional o los recursos digitales, gestionando y utilizando su entorno personal digital de aprendizaje.

4. Evaluación de la redacción

Criterio	Indicador	Nivel de logro				
Exactitud y profundidad científica	Claridad y precisión	La redacción es confusa e imprecisa, demostrando poca o ninguna comprensión de los conceptos.	La redacción es en gran parte confusa o imprecisa, demostrando una comprensión limitada de los conceptos.	La redacción es generalmente clara, pero puede tener algunas imprecisiones.	La redacción es clara y en su mayoría precisa, demostrando una buena comprensión de los conceptos.	La redacción es clara, precisa y demuestra una comprensión profunda de los conceptos.
	Desarrollo científico	Los términos y conceptos no están explicados.	Varios términos y conceptos no están explicados adecuadamente.	Algunos términos y conceptos pueden no estar completamente explicados.	La mayoría de los términos y conceptos están correctamente explicados.	Todos los términos y conceptos están correctamente explicados.
Aspectos formales	Organización y estructura	La redacción carece de organización, con una estructura desordenada y un flujo de ideas muy confuso.	La redacción tiene problemas significativos de organización, con una estructura incoherente y confusa.	La redacción tiene una estructura aceptable, pero puede presentar algunas incoherencias.	La redacción está mayormente bien organizada, con una estructura lógica y fluida.	La redacción está bien organizada, con una estructura lógica y coherente.
	Uso del lenguaje	El lenguaje es inapropiado o muy confuso.	El lenguaje es en gran parte inapropiado o confuso.	El lenguaje es aceptable, pero puede tener algunos errores de claridad.	El lenguaje utilizado es mayormente apropiado y claro.	El lenguaje utilizado es apropiado, claro y preciso.
	Gramática, ortografía y puntuación	Tienen errores significativos y frecuentes.	Tienen numerosos errores	Tienen varios errores menores.	Tienen pocos errores.	Son correctas y sin errores.
	Adaptación a la audiencia	No está adaptada a la audiencia, utilizando un lenguaje y ejemplos inapropiados o confusos.	Tiene poca adaptación a la audiencia, con lenguaje y ejemplos que pueden ser inapropiados o confusos.	Está algo adaptada a la audiencia, pero con algunas áreas de confusión o lenguaje menos adecuado.	Está mayormente adaptada a la audiencia, con lenguaje y ejemplos en su mayoría apropiados.	Está claramente adaptada a la audiencia, utilizando un lenguaje y ejemplos apropiados y comprensibles.

Competencias y criterios de evaluación

Competencia específica 1: *Interpretar transmitir información y datos científicos y argumentar sobre ellos utilizando de forma adecuada la terminología científica y en diferentes formatos para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.*

1.2 - Facilitar el análisis de información transmitiéndola de forma clara utilizando la terminología científica y el formato adecuados, destacando aquellos como informes diagramas, fórmulas y contenidos digitales, utilizando estos formatos de manera creativa.

Competencia específica 4: *Utilizar el razonamiento, el pensamiento computacional y el pensamiento lógico formal, analizando críticamente las respuestas y soluciones obtenidas y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.*

4.1. - Resolver problemas o dar explicación a procesos utilizando los conocimientos y datos aportados por el profesorado, el razonamiento lógico, el pensamiento computacional o los recursos digitales, gestionando y utilizando su entorno personal digital de aprendizaje.

5. Evaluación del sistema inmune y digestivo

Criterio	Indicador	Nivel de logro				
Comprensión del sistema inmune	Comprensión de la inmunidad innata	No demuestra comprensión de los componentes o funciones del sistema inmune innato, o presenta errores significativos.	Tiene una comprensión básica del sistema inmune innato, pero con varias imprecisiones o faltas de detalles.	Muestra una buena comprensión de los componentes y funciones del sistema inmune innato, con bastantes imprecisiones menores.	Demuestra una comprensión clara y precisa de los componentes y funciones del sistema inmune innato, con algunas imprecisión menor.	Demuestra una comprensión clara y precisa de los componentes y funciones del sistema inmune innato y explica con detalles y ejemplos precisos.
	Comprensión de la inmunidad adquirida	No demuestra una comprensión adecuada de la inmunidad adquirida, con errores importantes o faltas de conocimiento.	Demuestra una comprensión básica de la inmunidad adquirida, pero con varias imprecisiones o carencias significativas.	Muestra una buena comprensión de la inmunidad adquirida, aunque con bastantes imprecisiones o falta de detalle.	Explica claramente los componentes y funciones de la inmunidad adquirida, con algunas imprecisiones menores.	Explica claramente los componentes y funciones de la inmunidad adquirida.
	Integración de ambos tipos de inmunidad	No demuestra una comprensión adecuada de la integración entre la inmunidad innata y adquirida.	Tiene una comprensión básica de cómo se integran los dos tipos de inmunidad, pero con varias confusiones o faltas de detalles.	Muestra una buena comprensión de la integración entre los dos tipos de inmunidad, aunque con cierta imprecisión.	Integra de manera efectiva y clara la interacción entre la inmunidad innata y adquirida.	Integra de manera efectiva y clara la interacción entre la inmunidad innata y adquirida, utilizando correctamente la analogía.
Comprensión del sistema digestivo	Investigación y resolución del problema	Investigación nula o con errores básicos.	Investigación insuficiente y pocos detalles.	Análisis básico y comprensión mínima del tema.	Análisis adecuado y comprensión razonable del tema.	Evidencia de un análisis profundo y comprensión del tema.
	Comprensión anatómica	Descripciones anatómicas nulas.	Descripciones anatómicas son inexactas o incompletas.	Descripciones anatómicas son adecuadas, pero con varios errores.	Descripciones anatómicas son precisas con algunos errores menores.	Descripciones anatómicas son extremadamente precisas y exactas.

Comprensión de la jerarquía celular, tisular y sistemática	Explicaciones confusas o incorrectas sobre las relaciones entre células, tejidos y sistemas.	Explicaciones confusas o incorrectas sobre las relaciones entre células, tejidos y sistemas.	Explica de manera básica las relaciones entre células, tejidos y sistemas.	Explica adecuadamente las relaciones entre células, tejidos y sistemas, aunque con pocos detalles.	Explica claramente y con precisión cómo las células, tejidos y sistemas están interrelacionados.	Explica claramente y con precisión cómo las células, tejidos y sistemas están interrelacionados, con muchos detalles.
Extensión de conocimientos y transversalidad	Aplicación del conocimiento a la vacunación y donación de órganos	No demuestra una comprensión adecuada de la relación entre el sistema inmunitario, la vacunación y la donación de órganos.	Tiene una comprensión básica de la relación entre el sistema inmunitario, la vacunación y la donación de órganos, pero con muchas confusiones o faltas de detalle.	Tiene una comprensión básica de la relación entre el sistema inmunitario, la vacunación y la donación de órganos, pero con bastantes confusiones o faltas de detalle.	Muestra una buena comprensión de la relación entre el sistema inmunitario, la vacunación y la donación de órganos, aunque con algunas imprecisiones.	Explica claramente cómo el sistema inmunitario se relaciona con la vacunación y la donación de órganos, utilizando ejemplos precisos y relevantes.
	Aplicación del conocimiento a la nutrición	Aplicación nula o incorrecta de conocimientos de otras áreas para explicar la relación entre la nutrición y el sistema digestivo.	Aplicación limitada de conocimientos de otras áreas para explicar la relación entre la nutrición y el sistema digestivo.	Aplica conocimientos básicos de otras áreas para explicar algunas interacciones entre la nutrición y el sistema digestivo.	Aplica adecuadamente conocimientos de otras áreas para explicar las interacciones clave entre la nutrición y el sistema digestivo.	Integra conocimientos de diversas áreas (biología, química, salud) para explicar cómo la nutrición afecta y es afectada por el sistema digestivo.
Presentación del problema ABP	Presentación	No participa en la presentación o está muy confusa.	Presentación poco clara y desorganizada.	Presentación comprensible pero desorganizada.	Presentación clara y bien organizada.	Presentación clara, bien organizada y profesional.
	Discusión de la integración celular	No preparan este apartado de integración celular.	Explicación confusa o incorrecta de la integración de las células en el sistema digestivo.	Explicación básica de la integración de las células en el sistema digestivo.	Explicación adecuada de la integración de las células en el sistema digestivo.	Explicación detallada de la integración de las células en el sistema digestivo.
	Resolución de cuestiones	No responde preguntas.	No puede responder preguntas adecuadamente.	Dificultad para responder algunas preguntas.	Responde preguntas de manera adecuada.	Responde preguntas con precisión y confianza.

Competencias y criterios de evaluación

Competencia específica 1: *Interpretar transmitir información y datos científicos y argumentar sobre ellos utilizando de forma adecuada la terminología científica y en diferentes formatos para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.*

- 1.1 - Analizar conceptos y procesos interpretando y organizando la información en diferentes formatos y en diferentes idiomas manteniendo una actitud crítica y obteniendo conclusiones fundamentadas utilizando adecuadamente el lenguaje científico.
- 1.2 - Facilitar el análisis de información transmitiéndola de forma clara utilizando la terminología científica y el formato adecuados, destacando aquellos como informes diagramas, fórmulas y contenidos digitales, utilizando estos formatos de manera creativa.
- 1.3 - Analizar y explicar fenómenos representándolos mediante modelos y diagramas y utilizando, cuando sea necesario, los pasos del método científico, usando adecuadamente el vocabulario relacionado con el pensamiento científico en un contexto preciso y adecuado a su nivel para la resolución de problemas y expresando sus opiniones e ideas.

Competencia específica 2: *Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.*

- 2.1 - Resolver cuestiones de la materia localizando, seleccionando y organizando información mediante el uso y citación correctos de distintas fuentes de veracidad científica y compartiendo contenidos mediante herramientas virtuales.
- 2.2 - Reconocer la información con base científica distinguiéndola de pseudociencias y noticias falsas a través del uso del pensamiento científico y manteniendo una actitud escéptica ante estos, intentando desarrollar soluciones creativas sostenibles resolviendo problemas concretos del entorno.
- 2.3 - Valorar la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de personas dedicadas a ella destacando el papel de la mujer y entendiendo la investigación como una labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución influida por el contexto político y económico.
- 2.4 - Utilizar de forma correcta recursos científicos atendiendo a criterios de validez y haciendo un uso seguro de estos.

Competencia específica 3: *Planificar y desarrollar proyectos de investigación y experimentos, siguiendo los pasos de las metodologías propias de la ciencia y cooperando cuando sea necesario para indagar en aspectos relacionados con las ciencias biológicas y geológicas, y así, asentar conocimientos.*

- 3.1 - Plantear preguntas e hipótesis que puedan ser respondidas o contrastadas utilizando la metodología científica mediante textos escritos o búsquedas en Internet intentando explicar fenómenos e intentar realizar predicciones sobre estos.
- 3.2 - Diseñar la experimentación, la toma de datos y el análisis a medio y largo plazo de modo que permitan responder a preguntas concretas y contrastar una hipótesis planteada a través de mecanismos de autoevaluación que permitan al alumnado aprender de sus errores.
- 3.3 - Plantear y realizar experimentos y toma de datos cuantitativos o cualitativos sobre fenómenos y valorando los riesgos derivados.
- 3.4 - Interpretar los resultados obtenidos en el proyecto de investigación utilizando métodos inductivos y deductivos, herramientas matemáticas y tecnológicas.
- 3.5 - Participar dentro de un proyecto científico asumiendo responsablemente una función concreta, aplicando estrategias cooperativas, demostrando respeto hacia la diversidad, la igualdad de género, equidad y empatía, y favoreciendo la inclusión.
- 3.6 - Presentar la información y las conclusiones obtenidas mediante la experimentación y observación de campo utilizando el formato adecuado, principalmente digital.
- 3.7 - Conocer las normas de seguridad a la hora de realizar un trabajo científico de campo o de laboratorio valorando los riesgos.
- 3.8 - Reconocer la autonomía adquirida al desarrollar el trabajo científico en el laboratorio estudiando y experimentando.

Competencia específica 4: *Utilizar el razonamiento, el pensamiento computacional y el pensamiento lógico formal, analizando críticamente las respuestas y soluciones obtenidas y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.*

- 4.1. - Resolver problemas o dar explicación a procesos utilizando los conocimientos y datos aportados por el profesorado, el razonamiento lógico, el pensamiento computacional o los recursos digitales, gestionando y utilizando su entorno personal digital de aprendizaje.

4.2. - Analizar críticamente la solución a un problema sobre fenómenos utilizando información veraz y la terminología científica adecuada, aplicando la metodología científica y aplicaciones informáticas sencillas.

Competencia específica 5: *Analizar los efectos de determinadas acciones sobre el medio ambiente y la salud, basándose en los fundamentos de las ciencias biológicas y de la Tierra, para promover y adoptar hábitos que eviten o minimicen los impactos medioambientales negativos, que sean compatibles con un desarrollo sostenible y que permitan mantener y mejorar la salud individual y colectiva.*

5.1. - Establecer conexiones entre los principios científicos de la biología y geología y la valoración de la preservación de la biodiversidad y la conservación del medio ambiente. Esto incluye la protección de los seres vivos locales y la promoción del desarrollo sostenible y la calidad de vida, siguiendo las normativas medioambientales nacionales y europeas.

5.2 - Proponer y adoptar hábitos sostenibles analizando de una manera crítica las actividades propias y ajenas y basándose en los propios razonamientos, conocimientos adquiridos e información veraz disponible dentro del ámbito científico.

5.3 - Proponer y adoptar hábitos saludables conociendo la anatomía del cuerpo humano, analizando las acciones propias y ajenas con actitud crítica y basándose en fundamentos de la fisiología.

5.4 - Valorar la importancia de los trasplantes y donación de órganos tomando conciencia de la repercusión positiva que proporciona.