

PROPUESTA EDUCATIVA PARA LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA SOBRE SALUD EN BACHILLERATO

Tamara Esquivel Martín¹

Universidad Autónoma de Madrid
tamara.esquivel@estudiante.uam.es

Recibido 30/10/2018 Aceptado 29/01/2019

RESUMEN

La alfabetización científica en relación con los contenidos del trinomio nutrición-ejercicio-salud es fundamental para tomar algunas decisiones en la vida cotidiana. Por ello, en este trabajo se describe una propuesta didáctica basada en la evaluación continua que cubra dificultades de aprendizaje relacionadas con la presencia de ideas alternativas en el alumnado sobre dichos contenidos. Considerando la importancia que las experiencias de indagación guiada, la modelización y el uso argumentado de las TIC tienen en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, se diseñan unas actividades que persiguen el cambio conceptual del alumnado y su formación integral, fomentando el desarrollo de un pensamiento científico crítico frente a la sociedad de consumo actual.

ABSTRACT

The scientific literacy related to nutrition, exercise and health plays a crucial role in making everyday decisions. Therefore, this paper describes an educational proposal based on continuous evaluation to fill the gaps related to the presence of alternative ideas in students about those contents. The guided-research experiences, modelling and the justified use of ICTs are important in the teaching and learning of sciences. Given its importance, some activities have been designed to get the conceptual change of students and their integral formation. This promotes the development of a critical scientific thinking in the current consumer society.

DOI

<https://doi.org/10.15366/didacticas2019.20.001>

PALABRAS CLAVE

Alfabetización científica; Bachillerato; TIC; Indagación; Modelización; Evaluación

KEYWORDS

Scientific literacy; Baccalaureate; Information technology; Inquiry; Modelling; Evaluation

1. Departamento de Didácticas Específicas. Área de Didáctica de Ciencias Experimentales. Facultad de Formación de Profesorado. Universidad Autónoma de Madrid.

INTRODUCCIÓN

El alumnado actual, usuario habitual de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), pertenece a la generación nativa digital del siglo XXI (Cabero y Marín Díaz, 2017). Como ciudadanos participantes en las cuestiones socio-científicas, tienen el derecho y el deber de poseer una formación que les permita adquirir las competencias necesarias para la toma democrática e individualizada de decisiones de forma crítica y responsable. Sin embargo, vivimos en una sociedad “inforicada” (Pérez Curiel y Luque Ortiz, 2014). Esa sobrecarga de información muchas veces nos convierte en consumidores y usuarios del conocimiento generado por científicos, pseudocientíficos y otras fuentes alejadas de la educación formal. Esta situación se convierte en un problema si no consideramos los cambios sociales que puede provocar (empobrecimiento de la cultura o dificultad al educar), ni cuestionamos si dicho conocimiento está suficientemente fundamentado (existiendo, por ejemplo, casos de fraude conocidos con fines de lucro).

En este contexto, diversos estudios muestran el desinterés de los estudiantes por las ciencias, debido fundamentalmente a las metodologías docentes empleadas durante su formación académica (Esteve y Solbes, 2017). Se necesita, por tanto, cambiar la forma de enseñar, promoviendo ambientes en los que el conocimiento no se transmita como un saber acabado difícilmente criticable por los alumnos. Además, el currículo, uno de los paradigmas de la educación formal en nuestro país, también requeriría cambios relacionados con la manera en que se organizan los contenidos en la enseñanza de las ciencias, para evitar la disparidad entre lo que se propone, lo que se enseña y lo que se aprende (Pozo y Gómez Crespo, 2010).

Entre los contenidos de ciencias esenciales para la toma de decisiones en la vida del alumnado, destacamos los relacionados con la educación para la salud. Esta se sustenta en tres pilares fundamentales: una alimentación y nutrición adecuadas; un equilibrio óptimo entre reposo y actividad física; y unos correctos estilos de vida (Martínez et al. 2009). Podemos entender como nexo común entre ellos al metabolismo y sus vías de obtención de energía. Para mejorar el aprendizaje de estos aspectos es crucial identificar las ideas previas de los alumnos y utilizarlas como punto de partida al diseñar intervenciones educativas. Para ello, un recurso muy utilizado son los cuestionarios. En el estudio de Esquivel-Martín, Bravo-Torija y Pérez Martín (en prensa), los autores diseñaron e implementaron un cuestionario basado en algunas ideas alternativas sobre salud nutricional, reflejadas en la literatura desde finales del pasado siglo (Cubero, 1998; Mesana, 2013; Núñez y Banet, 1996; Rivadulla-López, García-Barros, y Martínez-Losada, 2016). Los resultados pusieron de manifiesto la persistencia de dichas ideas en estudiantes de primero de Bachillerato. Esto podría deberse a: i) los docentes, tanto por su formación como por la metodología empleada durante la enseñanza; ii) la influencia ejercida por fuentes de aprendizaje informal como son los medios de comunicación, internet, o la familia; y/o iii) los alumnos, pues siguen recurriendo al aprendizaje memorístico de los contenidos para la superación del examen.

Este trabajo presenta una propuesta de intervención educativa *ad hoc* para estudiantes que cursen Anatomía Aplicada en primero de Bachillerato. Su principal finalidad es la mejora de la alfabetización científica del alumnado en relación con el Bloque 5 de contenidos de la asignatura recogidos en el currículo (Decreto 52/2015). Anatomía Aplicada es una optativa común al plan de estudios de las distintas modalidades de Bachillerato: Ciencias de la Salud y Tecnología; Humanidades y Ciencias Sociales; y Artes Escénicas, Danza y Música; lo que incrementa la heterogeneidad del alumnado que la cursa en cuanto a conocimientos, destrezas, actitudes e intereses en relación con las ciencias, siendo un reto al que es necesario enfrentarse. En concreto, con la propuesta se persigue que el alumnado desarrolle un pensamiento científico crítico para vivir en la sociedad de consumo actual.

MARCO TEÓRICO

El marco teórico de esta propuesta didáctica se sustenta en cuatro cuestiones: a) ideas alternativas del alumnado en relación con la salud nutricional, b) momentos de evaluación, c) metodologías activas, y d) beneficios del uso de las TIC.

Ideas alternativas presentes en el alumnado en relación con la salud nutricional

La adolescencia es un periodo vulnerable desde el punto de vista nutricional, al aumentarse el aporte calórico-nutricional necesario, así como por los cambios en el estilo de vida y hábitos alimentarios propios de la edad (Mesana, 2013). La inadecuada toma de decisiones en este sentido podría desembocar en trastornos del comportamiento alimentario que atentan gravemente contra la salud. En la misma línea, la población española sigue presentando multitud de falsas creencias relacionadas con el deporte y la nutrición. Así, desde los niveles educativos iniciales, se tiende a emplear los términos de nutrición y alimentación indistintamente, pese a tratarse de procesos diferentes (Cubero, 1998).

A nivel microscópico, los alumnos suelen tener mayores dificultades de comprensión por el nivel de abstracción requerido. En este sentido, no identifican la mitocondria como el lugar en el que se realiza la respiración celular; ni relacionan la función de este proceso con la producción de energía, sino con el intercambio gaseoso (Songer y Mintzes, 1994).

A nivel bioquímico destacan creencias relacionadas con el dolor muscular post-esfuerzo conocido como “agujetas”, ya que incluso los libros de texto señalan como causa la acumulación de cristales de ácido láctico, y que estas desaparecen o se previenen tomando agua con azúcar. Sin embargo, esta medida no es efectiva, pues su aparición se debe realmente a las microrroturas producidas en la unión musculotendinosa durante las contracciones excéntricas (López Miñarro y García, 2000). También manifiestan dificultades al identificar las funciones de los nutrientes en el organismo, pues tienden a contemplar únicamente la energética, obviando la plástica o la reguladora. Además, en relación con la salud, suelen asignar un papel positivo a vitaminas y proteínas, y negativo a las grasas, sin

distinguir el tipo o considerar que lo importante es el balance entre la cantidad ingerida y necesaria de cada nutriente (Rivadulla-López et al., 2016).

Finalmente, a nivel macroscópico, suelen atribuir un papel preponderante al estómago en el proceso de la digestión. Asimismo, no presentan una idea global del proceso de nutrición humana que integre las funciones de otros sistemas y aparatos ajenos al digestivo (Núñez y Banet, 1996). La existencia de este tipo de ideas alternativas en el alumnado puede interactuar negativamente con el conocimiento presentado desde la educación formal. Por ello, es necesario diseñar secuencias de aprendizaje partiendo de la detección de las mismas.

Momentos de evaluación

La aplicación de cualquier propuesta de intervención pasa por un proceso de constante recogida de datos en forma de evaluación inicial, continua y final. Esto permite a los docentes hacer un seguimiento del proceso de aprendizaje del alumnado y obtener múltiples pruebas, tanto de sus resultados, como del grado de desarrollo de las competencias (Delgado, Borge, García, Oliver y Salomón, 2005).

Si nos centramos en la importancia de la evaluación inicial, diagnóstica o predictiva del alumnado, Ausubel, Novak y Hanesian (1983) decían lo siguiente: “Si tuviese que reducir toda la Psicología Educativa a un solo principio, enunciaría éste: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto, y enséñese consecuentemente” (p. 1). Por tanto, el interés de los docentes por el estado inicial del alumnado resulta fundamental, pues son sus guías en el desarrollo del aprendizaje. Este solo se dará si los alumnos integran, relacionan o conectan los nuevos conocimientos con los previos, construyendo modelos mentales adecuados de los mismos (Miras, 1993).

Por su parte, la evaluación continua, de proceso o formativa; requiere la puesta en práctica de una serie de conocimientos, destrezas y actitudes mucho mayor que en los exámenes orales o escritos. Además, no solo se centra en la “evaluación del aprendizaje”, sino también en la “evaluación para el aprendizaje” (Birembaum et al., 2006). Es igualmente necesario proporcionar información a los estudiantes sobre su propio proceso de aprendizaje durante la evaluación continua, junto a posibles propuestas de mejora.

Con respecto a la evaluación final, sumativa o de resultado; en el sistema educativo actual se siguen utilizando exámenes escritos en los que la mayoría de las preguntas se contestan literalmente reproduciendo lo que pone en el libro de texto. Esto simplemente demuestra un aprendizaje de tipo memorístico (Furman, Poenitz y Podestá, 2012), que se opone a la idea de aprendizaje significativo de Novak y Gowin (1988), quienes aseguran que, para lograrlo, el individuo debe tratar de relacionar los nuevos conocimientos con los conceptos y proposiciones relevantes que conoce; otorgándoles un nuevo significado y siendo capaz de aplicarlos en su vida cotidiana.

Metodologías activas

Como alternativas a las estrategias de enseñanza-aprendizaje y evaluación tradicionales, algunos autores apuestan por la sustitución las “recetas de cocina” de las clases prácticas por experiencias de indagación guiada donde los estudiantes dispongan de datos que deban contrastar, cuestionándose el porqué de los hechos, para resolver un problema investigable (Rocard et al., 2007). Además, cada vez son más frecuentes los estudios que muestran la utilidad del empleo de modelos para explicar fenómenos o conceptos biológicos como la célula (Verhoeff, Waarlo y Boersma, 2008). Asimismo, llevar la innovación evaluativa al aula alejando al estudiante del examen convencional, aumenta la posibilidad de generar actitudes positivas en el alumnado (Marín Suelves et al., 2018). Todas estas estrategias contribuyen al desarrollo de las competencias clave que espera la actual Ley Orgánica 8/2013.

Según Freeman et al. (2014), el empleo de actividades basadas en metodologías activas, variadas y coherentes con el objetivo principal de aprendizaje se trata de una buena oportunidad para aprender. Esto debería combinarse con preguntas críticas que fomenten la explicitación de las pruebas que se usan para argumentar las respuestas. Con todo ello, podemos probar la capacidad que presentan las actividades para mejorar la actitud hacia las ciencias y la alfabetización científica del alumnado, contribuyendo al desarrollo de las cuatro dimensiones de la competencia científica: conceptual, metodológica, actitudinal, e integrada (Cañal, 2012); implicando esta última la capacidad de emplear las tres anteriores para responder adecuadamente ante problemas científicos, tecnológicos o socioambientales concretos, en contextos vivenciales de los estudiantes. Además, este tipo de estrategias pueden contribuir al logro del cambio conceptual, entendiéndose este como la sustitución de las ideas alternativas por aquellas aceptadas por la comunidad científica (Mahmud y Gutiérrez, 2010).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, consideramos que el diseño de cualquier propuesta de intervención debe fundamentarse en las dificultades de aprendizaje halladas en la literatura; así como en la situación actual de la educación en el lugar al que se destina. Así, aunque pruebas estandarizadas como las del Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos (OCDE, 2017) sitúen a los españoles en la media de puntos de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), estos presentan una puntuación algo más baja en algunas subcompetencias científicas, lo que exige la mejora de su formación.

Beneficios del uso de las TIC

Diversos autores abogan por la introducción del uso justificado de las TIC en las aulas, basándose en el éxito de sus intervenciones (López García y Morcillo Ortega, 2007). Es importante mencionar que el enfoque o modelo metodológico de uso de la tecnología digital aquí presentado pasa por su utilización: a) de manera puramente instrumental, como

Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC); y b) con fines didácticos (Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento o TAC). Esto se relaciona estrechamente con el concepto de empoderamiento (control, influencia personal) y participación (papel activo) del alumnado en su propio aprendizaje, basado en los usos adecuados y competentes de las TIC, lo que las transforma en Tecnologías del Empoderamiento y la Participación (TEP) según Pinto Santos, Cortés Peña y Alfaro Camargo (2017). Además, autores como Lara (2003) también defienden su aplicación como instrumentos para evaluar el aprendizaje del alumnado, ya sea por el docente (heteroevaluación), los compañeros (coevaluación) o los propios estudiantes (autoevaluación).

PROPUESTA METODOLÓGICA

En base a todo lo anterior se diseñaron actividades y materiales docentes para llevar a cabo una propuesta de intervención (Figura 1, página siguiente) acorde a las carencias halladas en la literatura, así como a las tendencias didácticas actuales.

Evaluación inicial

GENERACIÓN DE CUESTIONARIOS ONLINE: Plickers. Se trata de una herramienta TIC (<https://plickers.com/>) que podría emplearse para detectar ideas alternativas sobre contenidos relacionados con la salud, como la creencia en el “poder disolvente de la grasa” de los ácidos de los frutos cítricos, o en el consumo de huevos como causante enfermedades cardiovasculares. Es importante desmitificarlas pues pueden resultar perjudiciales si se llevan a la práctica. Así, proponemos una selección de afirmaciones basadas en concepciones alternativas mencionadas en la literatura (Bollado Esteban, 2014; López Miñarro y García, 2000; Sánchez, 2016) que podrían emplearse para generar un instrumento de hetero-autoevaluación con *Plickers*: a) es necesario tomar suplementos proteicos para mejorar el rendimiento deportivo y aumentar la masa muscular; b) cualquier deporte es saludable; c) la pérdida de grasa es localizada en función de la zona corporal trabajada; d) tenemos abdominales superiores e inferiores; e) la ingesta de agua antes del deporte puede provocar “flato”; f) “de lo que se come, se cría”; g) el zumo de fruta puede sustituir a la fruta fresca en una dieta saludable; h) tomar suplementos alimenticios es sustitutivo de una correcta alimentación.

Existen estudios que han probado la utilidad de esta herramienta en diferentes asignaturas de Educación Primaria y Secundaria (Fuentes Nieto y López Pastor, 2017; López García, 2016). No se han encontrado publicaciones relacionadas con su aplicación en asignaturas de Biología en Bachillerato, por lo que consideramos conveniente valorar su implementación a este nivel. La ventaja reside en que sólo el docente precisa tener un dispositivo móvil o tableta, y un ordenador conectado al cañón del aula para proyectar las preguntas. Esto disminuye la posibilidad de que la herramienta se convierta en un foco de exclusión

que acentúe la brecha digital, por cualquier razón de índole social o posición económica (Cabero y Ruiz Palmero, 2018). Los alumnos, por su parte, únicamente necesitan una tarjeta con un código QR que deben mostrar al profesor para que pueda escanear su respuesta anónima.



Figura 1. Estrategias de evaluación, y metodologías de enseñanza en la propuesta diseñada. En la imagen aparecen representados los distintos instrumentos de evaluación inicial, continua y final (azul); junto a las estrategias metodológicas que se propone emplear durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de los contenidos. Aquellas que precisan el uso de las TIC aparecen señaladas con una estrella naranja.

FORMULARIO KPSI (KNOWLEDGE AND PRIOR STUDY INVENTORY). Se trata de un tipo de evaluación inicial que permite identificar no tanto qué es lo que el alumno sabe, como lo que cree saber (Sanmartí, 2008). Así, debe indicar si ya ha estudiado conceptos como metabolismo, respiración celular, o caloría; así como valorar el grado de dominio sobre los mismos, desde el desconocimiento hasta la capacidad de explicárselo a un compañero. Si se repite el cuestionario tras terminar la secuencia, el estudiante puede señalar su percepción sobre lo aprendido. En nuestra propuesta sugerimos: [\[Enlace\]](#).

La utilidad de cuestionarios de este tipo ya se ha puesto de manifiesto en estudios como el de Álvarez, Arias, Pérez Rodríguez y Serrallé (2013), donde se constataron diversas dificultades de aprendizaje en el alumnado en relación con las ciencias.

Evaluación continua

EDICIÓN DE VÍDEOS: EDPUZZLE. Esta aplicación permite introducir texto, imágenes, enlaces a páginas web, etc. en vídeos de *YouTube*. El resultado puede ser utilizado como instrumento de hetero-autoevaluación, así como para preparar la parte teórica de las sesiones o clases

invertidas. En este sentido, se diseñó la siguiente actividad [[Enlace](#)] con una doble finalidad:

- a) Que los estudiantes realicen en grupos su propio vídeo con imágenes y recortes de canciones¹ que cumplan la premisa de mencionar alimentos; para desarrollar su competencia digital. Además, en ellos deben:
 - Analizar la composición nutricional de los alimentos en sus etiquetas;
 - Analizar otras cuestiones contempladas en los estándares de aprendizaje evaluables: i) reflexión sobre si son o no saludables; ii) clasificación de sus macro y micronutrientes predominantes; iii) principal función de estos en el organismo; iv) elaboración de platos saludables aplicando su competencia creativa, e incluyendo fotografías de estos junto a su descripción en el vídeo.
- b) Que sirva como evaluación continua del alumnado, quedando registradas sus respuestas a las preguntas incluidas en el vídeo.

CREACIÓN DE ANIMACIONES DE PIZARRA Y VÍDEOS COMO VIDEOSCRIBE (ANEXO) O POWTOON. Gracias a estas herramientas se pueden diseñar materiales de apoyo educativo complementarios a las clases teóricas o las clases invertidas (DeLozier y Rhodes, 2017). Estas últimas mejoran la competencia del sentido de iniciativa y espíritu emprendedor del alumnado. Así, en los vídeos generados, existe la posibilidad de intercalar preguntas de reflexión, cuyas respuestas podrían ser debatidas en el aula, permitiendo la hetero-valoración del alumnado.

GENERACIÓN DE CUESTIONARIOS ONLINE: KAHOOT. Se diseñó el siguiente cuestionario con 32 ítems relacionados con el trinomio nutrición-ejercicio físico-salud: [[Enlace](#)]. Su implementación se recomienda al finalizar la unidad didáctica, para que los alumnos tengan la oportunidad de reconceptualizar y autoevaluarse simultáneamente (Marín Suelves et al., 2018). La ignorancia consciente les permitirá focalizar la atención y los esfuerzos en la mejora de su aprendizaje (Pérez Martín, Bravo-Torija, Sánchez, Maroto y Aquilino, en prensa). Además, sugerimos su aplicación en sesiones que coincidan con el final de la jornada lectiva, al no requerir un estado de concentración demasiado elevado. Es imprescindible aclarar, tras conocer la solución de cada pregunta, por qué el resto de las opciones no son correctas. Un inconveniente en los centros educativos de zonas económicamente desfavorecidas es que *Kahoot* precisa que todos los participantes dispongan de dispositivos móviles, tabletas u ordenadores para acceder al enlace de la actividad. No obstante, se pueden formar parejas o equipos, ya sea compartiendo teléfonos móviles u ordenadores del centro. Su principal ventaja reside en la transformación del cuestionario de preguntas

¹ El vídeo-ejemplo se realizó con los softwares informáticos: “*mp3 converter*” que convierte las canciones de *YouTube* en formato mp3; “*mp3DirectCut*” para recortar canciones; y “*Windows Movie Maker*” para generar el vídeo subido a *YouTube*, que fue editado posteriormente con *EdPuzzle*.

en un formato similar al de famosos juegos televisivos. La sensación de competición entre grupos podría convertirse en el vehículo para el esfuerzo.

GENERACIÓN DE MAPAS CONCEPTUALES: CMAPTOOLS. La elaboración de mapas conceptuales requiere un esfuerzo de síntesis que favorece el aprendizaje. Se trata de un método muy eficaz al obtener una representación visual de las ideas sobre la relación entre varios conceptos (Novak y Gowin, 1988). Navarro Soria et al. (2017) apuestan por su versión interactiva mediante la herramienta *CmapTools*, que permite insertar elementos (gráficos, imágenes, etc.) y vincularlos a los conceptos del mapa conceptual que se esté creando. En el anexo proponemos un mapa conceptual del metabolismo como modo de reconceptualizar al finalizar la unidad didáctica. Está basado en los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje el currículo (RD 1105/2014). Concretamente, sugerimos su implementación a través de un modelo similar con espacios en blanco para ser completados por el alumnado. Los estudiantes podrán intercambiárselos posteriormente para proceder a una coevaluación.

ANALOGÍAS. El proceso mental y personal de construcción, revisión y evaluación de modelos se denomina modelización (Justi, 2006). No obstante, los modelos mentales pueden manifestarse a través del lenguaje en forma de modelos expresados. En este sentido, los modelos analógicos (o análogos) son muy utilizados en ciencias cuando los docentes recurren a objetos de la vida cotidiana para explicar conceptos o fenómenos que estos desconocen. Los que aquí se proponen son los modelos análogos pedagógicos verbales, que no mantienen una proporción a nivel de escala con el sistema u objetivo real representado, pero que sí comparten información con él. Para Justi y Gilbert (2006) una analogía es el proceso a través del cual un objeto (análogo) se emplea para representar un elemento (objetivo) por el hecho de que comparten funciones o características. En este sentido, para la expresión del modelo de metabolismo en los seres humanos proponemos las analogías de la tabla 1.

Tras señalar las fortalezas y debilidades que encontramos en las analogías propuestas, consideramos que su empleo puede facilitar la comprensión y visualización de lo abstracto, al buscar similitudes con el mundo real, como señalaban Duit y Glynn (1996). Sin embargo, también pueden resultar un arma de doble filo al tener características muy distintas los análogos de los objetivos (Harrison, 2008). Lo esencial para que exista un razonamiento analógico adecuado según Glynn et al. (1989), es que los estudiantes estén familiarizados con el objeto análogo, y que la relación entre este y el objetivo esté clara. Lejos de lo que pueda pensarse, el hecho de que los análogos escogidos no sean perfectos se convierte en una excelente herramienta de aprendizaje. Así, sus limitaciones pueden ser analizadas con los estudiantes, manifestando sus dificultades al explicar ideas abstractas (Aubusson y Fogwill, 2006).

EXPERIENCIA DE INDAGACIÓN GUIADA. Una parte fundamental del currículo se centra en enseñar conceptos científicos sin incorporar ideas sobre cómo se ha obtenido ese conocimiento (Fernández-López, 2011). En este sentido, en nuestro entorno educativo, la

metodología aplicada por los profesores en el aula se aleja bastante de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación.

Analogía 1	Análogo: Teléfono móvil	Aunque no utilicemos el teléfono móvil, se va agotando su batería. Si lo utilizamos, lógicamente se acaba más deprisa.
	Objetivo: Metabolismo basal	Ese gasto de energía en reposo del teléfono equivale a nuestro metabolismo basal, componente mayoritario (60-75%) del gasto energético total diario.
	Fortalezas	Permite entender un concepto abstracto como el de metabolismo basal, esencial para calcular su gasto energético. Este es el primer paso en el diseño de las dietas saludables indicado como estándar de aprendizaje a evaluar.
	Debilidades	La analogía solo permite entender de forma básica el concepto de metabolismo basal, sin explicar el fundamento de este. Tampoco establece diferencias en relación con los requerimientos calóricos en función de la edad o sexo, ni contempla la necesidad de considerar la actividad física realizada por cada persona.
Analogía 2	Análogo: electricidad	La electricidad “alimenta” de energía a los teléfonos móviles gracias a los cargadores que conectamos a la corriente.
	Objetivo: nutrientes energéticos	Los nutrientes energéticos son los encargados de proveer a nuestro organismo de la energía necesaria para vivir, tras su degradación o catabolismo a nivel celular.
	Fortalezas	La analogía permite entender la función de los nutrientes energéticos en el organismo.
	Debilidades	No se alude a la existencia de otros tipos de nutrientes como los reguladores y los estructurales, lo que representa una idea alternativa frecuente en el alumnado.
Analogía 3	Análogo: mapa de metro	La estructura de los mapas de metro donde se muestran sus líneas de colores diferentes puede emplearse para representar rutas de diversos tipos, entre ellas las metabólicas. Así nos encontramos imágenes y sitios web que podríamos emplear como recurso para mostrar dicho ejemplo: https://bit.ly/2JfGHPg , o https://bit.ly/2JeSQnH .
	Objetivo: rutas metabólicas	Las rutas metabólicas del organismo de obtención y degradación de energía son un complejo entramado de vías seguidas por los compuestos en las células. Así, en las reacciones metabólicas catalizadas por enzimas en el interior celular, los sustratos se transforman en productos, generándose en el proceso metabolitos intermedios.
	Fortalezas	Se trata de un esquema muy visual que permite entender las diferentes rutas metabólicas de obtención de energía como un complejo entramado de vías. Igual que las líneas de metro, tienen un origen y un destino, con diversas paradas intermedias.
	Debilidades	El mapa no contempla todas las rutas metabólicas conocidas, ni lo hace con la suficiente profundidad o nivel de detalle. Tampoco permite entender de forma integral el proceso. En este sentido, existen mapas interactivos más completos del metabolismo humano disponibles online: https://bit.ly/2pkGJ2f o https://bit.ly/1RQKrnD .

Tabla 1. Analogías de la propuesta para la expresión del modelo de metabolismo, fortalezas y debilidades

Esta, según Cañal (2012), corresponde a la dimensión metodológica de la competencia científica (OCDE, 2017). Consideramos recomendable complementar las experiencias de indagación con una metodología de aprendizaje cooperativo entre iguales. Apostamos por grupos interactivos que, según Gràcia y Elboj (2005), “pretenden, entre otros objetivos, disminuir la competitividad y generar solidaridad, así como aumentar simultáneamente el aprendizaje académico y la participación del alumnado en las clases” (p. 105).

Así, la actividad que aquí proponemos ofrece al alumnado la posibilidad de trabajar en equipo para la resolución de un problema teórico-práctico sencillo. Su misión será diseñar una parte del experimento, partiendo de un guion dado, controlando algunas variables, y teniendo que comunicar *a posteriori* los resultados y conclusiones obtenidos. Esta actividad se trata de una aproximación muy simplificada del trabajo científico, en la que los estudiantes podrán contrastar la hipótesis de partida con la realidad, así como desarrollar la capacidad interpretativa propia de la condición humana.

El fundamento de la práctica diseñada se basa en que los estudiantes “piensen ciencia” y “hagan ciencia” para desmitificar la falsa creencia de que la vitamina C de los jugos cítricos caseros como el de naranja es poco estable, presente en el 30,8% de los alumnos del estudio de Esquivel-Martín, Bravo-Toriya y Pérez Martín (en prensa). La realidad científica es que sólo ante condiciones extremas, como calentarla a 120 °C, disminuye de forma considerable la vitamina. De lo contrario, esta se conserva en el zumo hasta pasadas 12 horas (Murillo-Godínez y Pérez-Escamilla, 2017). No obstante, la comprensión real de este último objetivo emerge tras el ejercicio de la actividad.

Para ello, se propone una práctica con grupos reducidos de 4-5 personas en la que los estudiantes deberán: a) leer un texto en el guion de prácticas del alumnado, donde se plantee el problema a resolver: la salvación de un paciente con escorbuto; b) identificar el nombre completo del nutriente que lo causa para lo cual pueden emplear cualquier dispositivo TIC de búsqueda; c) plantear una hipótesis de partida; d) diseñar el experimento a realizar para contrastarla, decidiendo qué deben añadir a los tubos, incluyendo los controles, y en qué cantidad, para poder distinguir en cuál de ellos hay vitamina y cuánta; e) interpretar los resultados obtenidos, así como modificar o repetir el experimento si es necesario; f) establecer conclusiones; y g) relacionar la práctica con el mito alimentario descrito sobre la vitamina C del zumo.

Por su parte, el docente deberá: a) preparar todos los materiales (gradillas con tubos de ensayo, matraz de Erlenmeyer, mechero con rejilla, muestras, reactivos, etc.) necesarios para llevar a cabo la práctica, incluida la solución indicadora que revele la presencia de vitamina C; b) reflexionar con los alumnos acerca de la explicación teórica de lo ocurrido en cada tubo de ensayo; c) diseñar una rúbrica de evaluación grupal donde se midan los niveles de desempeño de las competencias (autonomía; planteamiento de hipótesis; diseño del procedimiento; obtención de los datos; interpretación de resultados y establecimiento de conclusiones; e identificación del mito refutado), teniendo en cuenta el principio de atención a la diversidad (Ferrés, Marbà y Sanmartí, 2015).

Evaluación final

Los instrumentos de evaluación se deben escoger en función de los objetivos que se pretendan alcanzar con la misma. Es conveniente utilizar múltiples, variados y adaptados a la diversidad de estilos de aprendizaje y de formas de enseñanza. En nuestra propuesta apostamos por evaluaciones finales alejadas del tradicional examen en papel. Este último ha sido considerado durante mucho tiempo el más eficaz y cómodo de implementar para poner de manifiesto qué es lo que el alumnado sabe y cuáles son sus errores o dificultades. Sin embargo, las nuevas tendencias promueven evaluaciones cada vez más competenciales y menos conceptuales (Mejía Pérez, 2012). Esto se debe a que, con la digitalización de la información y su acceso cercano e inmediato, la clave ahora está en saber enseñar y aprender a aplicar los conocimientos en situaciones prácticas.

RETOS GAMIFICADOS: ESCAPE CLASSROOM. Llegados a este punto nos planteamos inicialmente, como ya hicieron Jorba y Sanmartí (1994): “¿Es posible una evaluación que sea útil al profesorado en su actuación docente, gratifique al alumnado en su aprendizaje y oriente a ambos en el proceso de enseñar y aprender?” (p.7). En esta línea, la propuesta que lanzamos se basa en los juegos popularmente conocidos como “*Escape room*”, cuya finalidad es conseguir salir en un determinado tiempo de una habitación cerrada y ambientada en una temática. La única forma de lograrlo es superar todos y cada uno de los retos del juego. Como en este caso el espacio es el aula se ha denominado “*Escape classroom*”.

En educación, los retos no solo tienen finalidad evaluativa, sino también formadora; como demuestran algunas publicaciones sobre experiencias de aprendizaje basado en retos (Olivares, López, y Valdez-García, 2018). Así, la que aquí proponemos seguiría la siguiente secuencia:

- a) Distribuir en un aula de informática con suficientes ordenadores y acceso a internet los materiales necesarios para completar las pruebas. Al terminar cada una, los alumnos irán obteniendo las partes de una contraseña formada por números, letras y otros dígitos. Esta clave deberán emplearla para, a través de un enlace web, acceder a la prueba final. Todos deben superarla para poder salir del aula.
- b) A su llegada, el docente entregará al alumnado una tarjeta donde aparezca una cuadrícula completa con los dibujos de tantas personas como estudiantes haya. Cada cara representará un personaje a rescatar de un secuestro en un tiempo máximo de una hora. Como en el juego de la vida real, excepcionalmente, podrán solicitar pistas o algún cambio de actividad al profesor encargado de supervisarles.
- c) Cada alumno seguirá un itinerario de actividades diferente al del resto de sus compañeros, en cuanto a contenido y orden. Hay hasta siete tipos de actividades en cada itinerario, incluyendo preguntas extra para quienes terminen antes de tiempo, o pidan cambiar algún reto por otro. Describimos aquí brevemente, a modo de ejemplo, dos de los tipos:

– Actividades de tipo A

En ellas, los estudiantes deberán aplicar su modelo de metabolismo para resolver las preguntas. Ejemplo: *Si sales desde la parada de metro glucosa, llegas a la parada citosol, y allí haces transbordo hasta etanol, ¿qué vía metabólica has cogido atendiendo a la presencia/ausencia de oxígeno?* Tras resolverlas, obtendrán una parte de su contraseña.

– Actividades de tipo B

Los estudiantes llevarán a cabo la actividad “Correr en días de calor” (únicamente las preguntas 3A y 3B) descrita en el siguiente enlace, junto a sus criterios de evaluación: [[Enlace](#)]. Se trata de un ejercicio de evaluación incluido en la prueba estandarizada PISA 2015. Cuando le comuniquen la función biológica del sudor al profesor, conseguirán otra parte de su contraseña.

Para su evaluación, proponemos una tabla de registro como la de la Tabla 2:

Estándar de Aprendizaje Evaluable	Relación con actividades	Relación con CC. Clave	INDICADORES DE LOGRO			
			1 Insuficiente	2 Suficiente	3 Bien	4 Exce-lente
Describe los procesos metabólicos de producción de energía por las vías aeróbica y anaeróbica, justificando su rendimiento energético y su relación con la intensidad y duración de la actividad.	Tipo A	CMCT CL AA				
Relaciona la hidratación con el mantenimiento de un estado saludable, calculando el consumo de agua diario necesario en distintas circunstancias o actividades.	Tipo B	CMCT CL CSC AA CD				

Tabla 2. Ejemplo de tabla de registro para la evaluación final individual. En ella aparecen los estándares de aprendizaje evaluables sobre los contenidos del bloque 5 de Anatomía Aplicada según el Real Decreto 1105/2014. Se establece su relación con las competencias clave según la Orden ECD/65/2015, y con los tipos de actividades del Escape Classroom. Los indicadores de logro aparecen ordenados de menor a mayor. No se detallan porque la jerarquización de su calificación está implícita en la definición del estándar de aprendizaje evaluable. Las abreviaturas aluden a las competencias clave: Comunicación lingüística (CL), Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT); Competencia digital (CD); Aprender a aprender (AA); Competencias sociales y cívicas (CSC).

VALORACIÓN DE LA PROPUESTA Y REFLEXIONES FINALES

No se han hallado propuestas de intervención que aborden los sistemas de aporte y utilización de energía en el marco de la asignatura de Anatomía Aplicada. Para mejorar la asimilación de los contenidos relacionados con el trinomio nutrición-ejercicio físico-salud

y lograr el cambio conceptual del alumnado creemos que el empleo de metodologías activas en las aulas podría suplir algunas de las dificultades de aprendizaje detectadas. Así, la variedad de estrategias metodológicas y de actividades de la propuesta de intervención presentada es una de sus principales fortalezas, pues permite atender a distintos tipos de diversidad del alumnado. Esto podría repercutir en un aumento del interés de los estudiantes por las ciencias. Su versatilidad, además, hace que esta propuesta didáctica sea adecuada para ser implementada por profesores que impartan su docencia en centros educativos desfavorecidos, pues lo importante no es con qué enseñen, sino cómo.

Consideramos que su implementación contribuirá a mejorar la alfabetización científica del alumnado, lo que influirá en la toma de decisiones en su vida cotidiana. No obstante, creemos imprescindible su pilotaje en centros educativos de diversa índole, pues, como ya afirmaba Sanmartí (2002), cualquier diseño pedagógico concreto se trata únicamente de una hipótesis de trabajo que el profesorado precisa ir regulando en función de lo que ocurra en el aula.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, M., ARIAS, A., PÉREZ RODRÍGUEZ, U., Y SERRALLÉ, J. F. (2013). La historia de las ciencias en el desarrollo de competencias científicas. *Enseñanza de las ciencias*, 31(1), 213-233.
- AUBUSSON, P. J., Y FOGWILL, S. (2006). Role play as analogical modelling in science. En P.J. Aubusson, A.G. Harrison y S.M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and analogy in science education* (pp. 93-104). Dordrecht: Springer.
- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., Y HANESIAN, H. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- BIREMBAUM, M., BREUER, K., CASCALLAR, E., DOCHY, F., DORI, Y., RIDWAY, J., WIESEMES, R., Y NICKMANS, G. (2006): A learning Integrated Assessment System. *Educational Research Review*, 1, 61-67.
- BOLLADO ESTEBAN, J.G. (2014). Mitos en educación física y deporte: ¿reto superado o anclados en el pasado? *Ribalta*, 21, 111-122.
- CABERO, J., Y MARÍN DÍAZ, V. (2017). La educación formal de los formadores de la era digital-los educadores del siglo XXI. *Notandum*, 44, 29-42.
- CABERO, J., Y RUIZ-PALMERO, J. (2018). Las Tecnologías de la información y la comunicación para la inclusión: reformulando la brecha digital. *International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 9, 16-30.
- CAÑAL, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Revista Investigación en la Escuela*, 78, 5-17.

- CUBERO, R. (1998). Aprendizaje de la digestión en la enseñanza primaria. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 16, 33-43.
- DECRETO 52/2015, DE 21 DE MAYO, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo del Bachillerato. BOCM núm. 120, 22 de mayo de 2015.
- DELGADO, A. M., BORGE, R., GARCÍA, J. OLIVER, R., Y SALOMÓN, L. (2005). *Competencias y diseño de la evaluación continua y final en el Espacio Europeo de Educación Superior. Programa de Estudios y Análisis (EA2005-0054)*. Madrid: Ministerio de educación y Ciencia. Dirección General de Universidades.
- DELOZIER, S. J., Y RHODES, M. G. (2017). Flipped classrooms: a review of key ideas and recommendations for practice. *Educational Psychology Review*, 29(1), 141-151.
- DUIT, R. Y GLYNN, S. (1996). Mental modelling. En G. Welford, J. Osborne, y P. Scott (Eds.), *Research in science education in Europe* (pp. 166-176). UK: Farmes Press.
- ESQUIVEL-MARTÍN, T., BRAVO-TORIJA, B., Y PÉREZ MARTÍN, J. M. (en prensa). Diseño y análisis de resultados de una herramienta de detección de ideas previas sobre salud nutricional en Bachillerato. En M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz, A. Brandi Fernández (Eds.), *Experiencias didácticas en el ámbito STEM* (pp.75-83). Madrid: Editorial Santillana.
- ESTEVE, A., Y SOLBES, J. (2017). El desinterés de los estudiantes por las Ciencias y la Tecnología en el Bachillerato y los estudios universitarios. *Enseñanza de las ciencias, núm. extra*, 573-578.
- FERRÉS, C., MARBÀ, A., Y SANMARTÍ, N. (2015). Evaluación de la competencia de indagación científica de los bachilleres. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37.
- FREEMAN, S., EDDY, S. L., MCDONOUGH, M., SMITH, M. K., OKOROAFOR, N., JORDT, H., Y WENDEROTH, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.
- FUENTES NIETO, T., Y LÓPEZ PASTOR, V. (2017). Evaluación auténtica, coevaluación y uso de las TIC en educación física: un estudio de caso en secundaria. *Revista Infancia, Educación y Aprendizaje*, 3(2), 42-46.
- FURMAN, M., POENITZ, M. V., Y PODESTÁ, M.E. (2012). La evaluación en la formación de los profesores de ciencias. *Praxis & Saber*, 3(6), 165-189.
- GLYNN, S. M., BRITTON, B. K., SEMRUD-CLIKEMAN, M., Y MUTH, K. D. (1989). Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. En Glover, J.A., Ronning, R.R. y Reynolds, C.R. (eds.). *Handbook of Creativity* (pp. 383-398). Nueva York: Plenum.

- GRÀCIA, S., Y ELBOJ, C. (2005). La educación secundaria en comunidades de aprendizaje. El caso de Aragón. *Educator*, 35, 101-110.
- HARRISON, A. G. (2008). Teaching with analogies: Friends of foes? In A. G. Harrison, y R. K. Coll (Eds.), *Using analogies in middle and secondary science classrooms* (pp. 6-21). California: Corwin Press.
- JORBA, J. Y SANMARTÍ, N. (1994). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua*. España: MEC
- JUSTI R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- JUSTI, R. Y GILBERT, J. (2006). The role of analog models in the understanding of the nature of models in chemistry. En: P.J. Aubusson et al. (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 119-130). Netherlands: Springer.
- LARA, S. (2003). La evaluación formativa a través de Internet. En M. Cebrián (Ed.). *Enseñanza virtual para la innovación Universitaria* (pp. 105-118). Madrid: Narcea.
- LEY ORGÁNICA 8/2013, del 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE), BOE núm. 295, 10 de diciembre de 2013.
- LÓPEZ GARCÍA, N.J. (2016). Evaluación y TIC en Primaria: el uso de Plickers para evaluar habilidades musicales. ENSAYOS, *Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 31(2), 81-90.
- LÓPEZ GARCÍA, M., Y MORCILLO ORTEGA, J. G. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 6(3), 562-576.
- LÓPEZ MIÑARRO, P.A., Y GARCÍA, A. (2000). Análisis de mitos o creencias erróneas sobre ejercicio físico y salud en Secundaria y Bachillerato. *ÁSKESIS*, 3(10).
- MAHMUD, M. C., Y GUTIÉRREZ, O. A. (2010). Estrategia de Enseñanza Basada en el Cambio Conceptual para la Transformación de Ideas Previas en el Aprendizaje de las Ciencias. *Formación universitaria*, 3(1), 11-20.
- MARÍN SUELVE, D., VIDAL ESTEVE, M. I., PEIRATS CHACÓN, J., Y LÓPEZ MARÍ, M. (2018). Gamificación en la evaluación del aprendizaje: En REDINE (Ed.), *Innovative strategies for Higher Education in Spain*. (pp. 8-17). Eindhoven, NL: Adaya Press.
- MARTÍNEZ, M. I., HERNÁNDEZ, M. D., OJEDA, M., MENA, R., ALEGRE, A., Y ALFONSO, J. L. (2009). Desarrollo de un programa de educación nutricional y valoración del cambio de hábitos alimentarios saludables en una población de estudiantes de Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Nutrición Hospitalaria*, 24(4), 504-510.
- MEJÍA PÉREZ, O. (2012). De la evaluación tradicional a una nueva evaluación basada en competencias. *Revista Electrónica Educare*, 16(1), 27-46.

- MESANA, M.I. (2013). *Alimentación en adolescentes: valoración del consumo de alimentos y nutrientes en España: Estudio AVENA* (Tesis doctoral). Universidad de Zaragoza. Recuperado de <https://bit.ly/2O9lRTU>.
- MIRAS, M. (1993). Un punto de partida para el aprendizaje de nuevos contenidos: los conocimientos previos. En C. Coll (coord.), *El constructivismo en el aula*. Barcelona: Graó.
- MURILLO-GODÍNEZ, G., Y PÉREZ-ESCAMILLA, L. M. (2017). Los mitos alimentarios y su efecto en la salud humana. *Medicina Interna de México*, 33(3), 392-402.
- NAVARRO SORIA, I., GONZÁLEZ GÓMEZ, C., LÓPEZ BECERRA, F., FERNÁNDEZ CARRASCO, F., HELIZ LLOPIS, J. R., Y CANTOS CANTÓ, M. J. (2017). Introducción de la herramienta Cmap-tools como estrategia didáctica para el desarrollo de mapas conceptuales interactivos. En R. Roig-Vila (coord.), *Memorias del Programa de Redes-I3CE de calidad, innovación e investigación en docencia universitaria: Convocatoria 2016-17* (pp. 2339-2344). Alicante: Universidad de Alicante, Instituto de Ciencias de la Educación.
- NOVAK, J. D., Y GOWIN, D. B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- Núñez, F., y Banet, E. (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 261-278.
- OCDE (2017). *PISA 2015. Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematical, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, revised edition*. Paris: Author.
- OLIVARES, S. L., LÓPEZ, M. V., Y VALDEZ-GARCÍA, J. E. (2018). Aprendizaje basado en retos: una experiencia de innovación para enfrentar problemas de salud pública. *Educación Médica*. Recuperado de <https://bit.ly/2D1OGzz>
- ORDEN ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato, BOE núm. 25, 29 de enero de 2015.
- PÉREZ CUIEL, C., Y LUQUE ORTIZ, S. (2014). La educación mediática: una meta de los medios de comunicación frente a la infoxicación informativa. En R. Mancinas-Chávez, A. I. Nogales Bocio (coords.), *Primer Congreso Internacional Infoxicación: mercado de la información y psique, Libro de Actas* (pp. 264-278). España: Universidad de Sevilla.
- PÉREZ MARTÍN, J. M., BRAVO-TORIJA, B., SÁNCHEZ, N., MAROTO, R. M., Y AQUILINO, M. (en prensa). El relato y la imagen realista (Storytelling) para la mejora de la enseñanza de la célula en Educación Secundaria. En M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz, A. Brandi Fernández (Eds.), *Experiencias didácticas en el ámbito STEM*. Madrid, España: Editorial Santillana.
- PINTO SANTOS, A. R., CORTÉS PEÑA, O., Y ALFARO CAMARGO, C. (2017). Hacia la transformación de la práctica docente: modelo espiral de competencias TICTACTEP. *Revista de Medios y Educación*, (51), 37-51.

- POZO, J. I. Y GÓMEZ CRESPO, M.A. (2010). Por qué los alumnos no comprenden la ciencia que aprenden. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 66, 73-79.
- REAL DECRETO 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, BOE núm. 3, 3 de enero de 2015.
- RIVADULLA-LÓPEZ, J.C., GARCÍA-BARROS, S., Y MARTÍNEZ-LOSADA, C. (2016). Historia de la Ciencia e ideas de los alumnos como referentes para seleccionar contenidos sobre nutrición. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 53-66.
- ROCARD, M., CSERMELY, P., WALBERG-HENRIKSSON, H., Y HEMMO, V. (2007). *Informe Rocard - Enseñanza de las ciencias ahora: Una nueva pedagogía para el futuro de Europa*. Comisión europea.
- SÁNCHEZ, A. (2016). *Mi dieta cojea*. Barcelona: Paidós.
- SANMARTÍ, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis
- SANMARTÍ, N. (2008). 10 ideas clave. Evaluar para Aprender. Barcelona: Graó.
- SONGER, C., Y MINTZES, J. (1994), Understanding cellular respiration: An analysis of conceptual change in College Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), 621-637.
- VERHOEFF, R. P., WAARLO, A. J., Y BOERSMA, K. T. (2008). Systems Modelling and the Development of Coherent Understanding of Cell Biology. *International Journal of Science Education*, 30(4), 543-568.

ANEXO

Material suplementario de las actividades propuestas: [[Enlace](#)]