DISEÑO DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA 2º DE BACHILLERATO SOBRE EL APRENDIZAJE DEL METABOLISMO

Pablo Calap Quintana

Máster Universitario en Profesor/a de Educación Secundaría

Especialidad Biología y Geología

Tutor de la Universidad: Carlos Caurín Alonso

RESUMEN

El aprendizaje de las ciencias en nuestro país presenta serias deficiencias y parece empeorar año tras año. Los estudiantes de 2º de Bachillerato se encuentran especialmente con dificultades para comprender e integrar los contenidos relacionados con el estudio del metabolismo. Teniendo como punto de partida una perspectiva constructivista de la enseñanza, en este Trabajo de Fin de Master se ha diseñado una propuesta de unidad didáctica que intente ayudar a los estudiantes en el aprendizaje del metabolismo. En ella se han desarrollado actividades que intentarán mejorar los procesos de aprendizaje, pero también se ha puesto especial atención a los materiales de estudio. Estos presentan una selección de contenidos que intentan recoger con precisión lo que los estudiantes deberían aprender, intentando no sobrecargar a los alumnos con información adicional. La gran variedad de herramientas y recursos digitales presentes en la actualidad permiten diseñar materiales capaces de integrar y presentar los contenidos de forma más eficaz que un libro de texto convencional. Temas de especial complejidad, como el metabolismo, son un objetivo ideal para intentar desarrollar nuevas propuestas didácticas que favorezcan su aprendizaje.

Palabras clave: constructivismo, metabolismo, herramienta Genially

RESUM

L'aprenentatge de les ciències al nostre país presenta serioses deficiències i sembla empitjorar any rere any. Els estudiants de 2n de Batxillerat es troben especialment amb dificultats per a comprendre i integrar els continguts relacionats amb l'estudi del metabolisme. Tenint com a punt de partida una perspectiva constructivista de l'ensenyament, en aquest Treball de Fi de Màster s'ha dissenyat una proposta d'unitat didàctica que intente ajudar als estudiants en l'aprenentatge del metabolisme. En ella s'han desenvolupat activitats que intentaran millorar els processos d'aprenentatge, però també s'ha posat especial atenció als materials d'estudi. Aquests presenten una selecció de continguts que intenten recollir amb precisió el que els estudiants haurien d'aprendre, intentant no sobrecarregar als alumnes amb informació addicional. La gran varietat d'eines i recursos digitals presents en l'actualitat permeten dissenyar materials capaços d'integrar i presentar els continguts de forma més eficaç que un llibre de text convencional. Temes d'especial complexitat, com el metabolisme, són un objectiu ideal per a intentar desenvolupar noves propostes didàctiques que afavorisquen el seu aprenentatge.

Paraules clau: constructivisme, metabolisme, eina Genially

ABSTRACT

Science learning in our country has serious deficiencies and seems to get worse year after year. Second year high school students find it especially difficult to understand and integrate the contents related to the study of metabolism. Taking as a starting point a constructivist perspective on teaching, in this Master's End Project a proposal for a didactic unit has been designed to try helping students to learn metabolism. In this proposal, different activities have been developed to improve learning processes, but special attention has also been paid to the studying materials. These present a selection of content that try to collect precisely what students should learn, trying not to overload them with additional information. The wide variety of tools and digital resources present today make it possible to design materials capable of integrating and presenting content more effectively than a conventional textbook. Topics of special complexity, such as metabolism, are an ideal objective to try to develop new didactic proposals that favor their learning.

Keywords: constructivism, metabolism, Genially tool

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN 5

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 7

2.1 EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS EN ESPAÑA 7

2.2 EL METABOLISMO EN BIOLOGÍA DE 2º DE BACHILLERATO 11

3. OBJETIVOS 12

OBJETIVO GENERAL 12

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12

4. MARCO TEÓRICO 13

4.1 APORTACIONES DEL CONSTRUCTIVISMO A LA EDUCACIÓN 13

4.1.1 DEL ASOCIACIONISMO AL CONSTRUCTIVISMO 13

4.1.2 APORTACIONES DE PIAGET, VIGOTSKY Y AUSUBEL 14

4.1.3 EL CONSTRUCTIVISMO EN LA ACTUALIDAD 16

4.2 APORTACIONES DE LA PSICOLOGÍA Y NEUROCIENCIAS 18

4.2.1 ASPECTOS BÁSICOS DE LA MEMORIA 18

4.2.2 EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS E IDEAS 20

5. METODOLOGÍA 23

5.1 ANÁLISIS DE LOS CONTENIDOS RELACIONADOS CON EL METABOLISMO 23

5.1.1 LEGISLACIÓN VIGENTE 23

5.1.2 LIBROS DE TEXTO 23

5.1.3 PRUEBAS DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD 24

5.2 DISEÑO DE LOS MATERIALES DE ESTUDIO 26

5.2.1 SELECCIÓN DE CONTENIDOS 26

5.2.2 ELABORACIÓN DE LOS MATERIALES DE ESTUDIO 29

5.2.3 PLATAFORMAS PARA LOS MATERIALES DE ESTUDIO 34

5.3 DISEÑO DE ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 35

5.3.1 ACTIVIDAD DE INICIO 36

5.3.2 ACTIVIDADES DE DESARROLLO DE LA UNIDAD 37

5.3.3 ACTIVIDADES DE RECAPITULACIÓN E INTEGRACIÓN 40

5.3.4 ACTIVIDAD FINAL DE EVALUACIÓN 45

5.4 EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE METABOLISMO 45

5.5 TEMPORALIZACIÓN DE LA UNIDAD 47

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES 49

7. LIMITACIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA 51

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 52

9. ANEXOS 56

9.1 ANEXO I: CONTENIDOS DEL CURRÍCULUM EN LA LEGISLACIÓN VIGENTE 56

9.1.1 REAL DECRETO 1105/2014 DE 26 DE DICIEMBRE DE 2014 56

9.1.2 DECRETO 87/2015 DE 5 DE JUNIO DE 2015 58

9.2 ANEXO II: CONTENIDOS TRATADOS EN LIBROS DE TEXTO 59

9.2.1 EDITORIAL SM 59

9.2.2 EDITORIAL SANTILLANA 62

9.2.3 EDITORIAL ANAYA 63

9.3 ANEXO III: PREGUNTAS RELACIONADAS CON EL METABOLISMO EN LAS PAU 64

9.3.1 RESUMEN DE LOS CONTENIDOS Y CONCEPTOS EVALUADOS EN LAS PREGUNTAS 64

9.3.2 PREGUNTAS ORIGINALES DE LAS PAU 66

9.4 ANEXO IV: DOCUMENTO DE PRESENTACIÓN DE LA UNIDAD 75

9.5 ANEXO V: CONTENIDOS PREVIOS RELACIONADOS CON EL METABOLISMO 76

9.6 ANEXO VI: MATERIAL DE ESTUDIO DEL METABOLISMO 78

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El sistema educativo español se ha estructurado y regulado hasta el presente curso académico siguiendo la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre (Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa, LOMCE), que modifica la anterior Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, (Ley Orgánica de Educación, LOE). Entre los objetivos a conseguir mediante la implantación de la LOMCE estaban: mejorar los resultados académicos del alumnado, desarrollar el potencial y el talento de cada estudiante, adecuar el sistema educativo a las nuevas demandas del aprendizaje por competencias, reducir las tasas de abandono escolar temprano y los bajos niveles de calidad, flexibilizar la estructura educativa posibilitando diferentes trayectorias en función de las capacidades del alumnado, impulsar la cultura del esfuerzo, el trabajo y la excelencia, y modernizar la Formación Profesional. Durante este curso 2020-2021 se ha aprobado la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre (Ley Orgánica de Modificación de la LOE, LOMLOE), que deroga la LOMCE y pasa también a modificar la anterior LOE. Esta nueva LOMLOE pone su enfoque en aspectos como impulsar la igualdad de género, fomentar la mejora continua de los centros educativos y la personalización del aprendizaje, conceder un papel central al desarrollo de la competencia digital, reconocer la importancia de la educación para el desarrollo sostenible o reconocer el interés superior del menor y situar los derechos de la infancia entre los principios rectores del sistema. Sin embargo, el calendario previsto de implantación de la LOMLOE supone que aspectos como las modificaciones en currículo, organización y objetivos de 2º de Bachillerato no entrarán en vigor hasta el curso 2023-2024, por lo que seguirán en vigencia los de la LOMCE.

Según se especifica en la LOE, el profesorado de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) debe realizar una formación pedagógica y didáctica de postgrado, además de tener la titulación necesaria para su especialidad y futuro ámbito de enseñanza. Siguiendo también la Orden Ministerial ECI/3858/2007, la Universidad de Valencia proporciona la formación y competencias necesarias para cumplir con la legislación vigente en el Máster Universitario en Profesor/a de Educación Secundaria. Como requisito para la obtención del título de Máster en la especialidad de Biología y Geología, se ha desarrollado el presente Trabajo de Fin de Máster (TFM), que consiste en el diseño de una propuesta de unidad didáctica para el curso de 2º de Bachillerato que facilite el aprendizaje de los contenidos relacionados con el metabolismo en la asignatura de Biología.

La idea y orientación de este TFM surgió durante el periodo de prácticas del presente Máster, al observar las notables dificultades que presentaba el alumnado para la comprensión

e integración de los contenidos del metabolismo. En primer lugar, es necesario destacar las características de este alumnado. Como veremos más adelante, parten de un contexto en el que la enseñanza de las ciencias en el periodo de educación secundaria obligatoria en nuestro país requiere de una considerable revisión y mejora. Sin embargo, aunque su preparación inicial pueda no ser tan eficaz como la de otros países, se trata de alumnos a los que, en su mayoría, se les presupone una madurez, capacidad de pensamiento abstracto e interés por los estudios mayor que en el caso de los alumnos de ESO en general. No obstante, no hay que perder de vista que muchos estudiantes continúan teniendo problemas para la comprensión de conceptos abstractos que no son accesibles mediante su experiencia sensorial directa, ya que aún están desarrollando el pensamiento de tipo simbólico (Salinas y Irma, 2020). En 2º de Bachillerato, el alumnado encuentra que el volumen de los contenidos del curso académico es mayor que en años anteriores y cuenta con la presión añadida de tener que comprender y memorizar el curso completo en su preparación para las pruebas de acceso a la universidad (PAU). Es por ello que tanto para alumnos como para docentes resulta crítico el encontrar metodologías que permitan un aprendizaje de la forma más eficiente posible.

Desde una perspectiva constructivista y de las teorías cognitivas del aprendizaje, se han analizado y propuesto cuáles son los contenidos concretos que deberían tratarse, los objetivos a alcanzar y qué tipo de materiales y actividades podrían resultar más útiles para el aprendizaje del metabolismo. Éste es un tema de especial complejidad tanto para el alumnado que lo encuentra por primera vez como para el que posteriormente cursará estudios de Educación Superior (Vullo y Gutiérrez, 2014; Salinas e Irma, 2020).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS EN ESPAÑA

PISA (*Programme for International Student Assessment*, Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes) es un estudio de evaluación internacional, promovido por la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) y los países participantes, que intenta evaluar lo que los jóvenes de 15 años conocen y saben hacer al final de su etapa educativa obligatoria, aplicando sus conocimientos a diferentes entornos y contextos. Desde que comenzó en el año 2000 se han realizado siete ciclos de evaluación. PISA 2018 (2019) se centra en la comprensión lectora, pero a la vez valora lo adquirido en matemáticas y ciencias, además de presentar una nueva área llamada competencia global. España es uno de los países con una muestra representativa más amplia, y su alcance en la comparativa es también nacional y regional, puesto que participan todas las comunidades y ciudades autónomas españolas. El análisis de los resultados de estas evaluaciones permite conocer la eficacia de las prácticas y políticas educativas, lo que ayuda a determinar si se requieren mejoras y modificaciones. Si bien es cierto que el informe PISA no analiza la situación del alumnado de Bachillerato, sí que puede proporcionarnos información acerca de su nivel de preparación al llegar a dicha etapa.

La evaluación de ciencias en PISA se centra en medir la capacidad del estudiantado para resolver cuestiones relacionadas con la ciencia y con las ideas de la misma, puesto que participar de forma razonada en debates sobre ciencia y tecnología requiere un sólido conocimiento de hechos y teorías que expliquen científicamente los fenómenos. También requiere el conocimiento de procedimientos metodológicos científicos y de las razones e ideas para justificar afirmaciones, evaluar (o diseñar) la investigación e interpretar resultados experimentales. Se puede observar que la puntuación media estimada en ciencias de los estudiantes de España es de 483 puntos, significativamente inferior a la de la media OCDE (489) y al total UE (490) (Figura 1). Además, la media para la Comunidad Valenciana (478) es también inferior a la nacional.

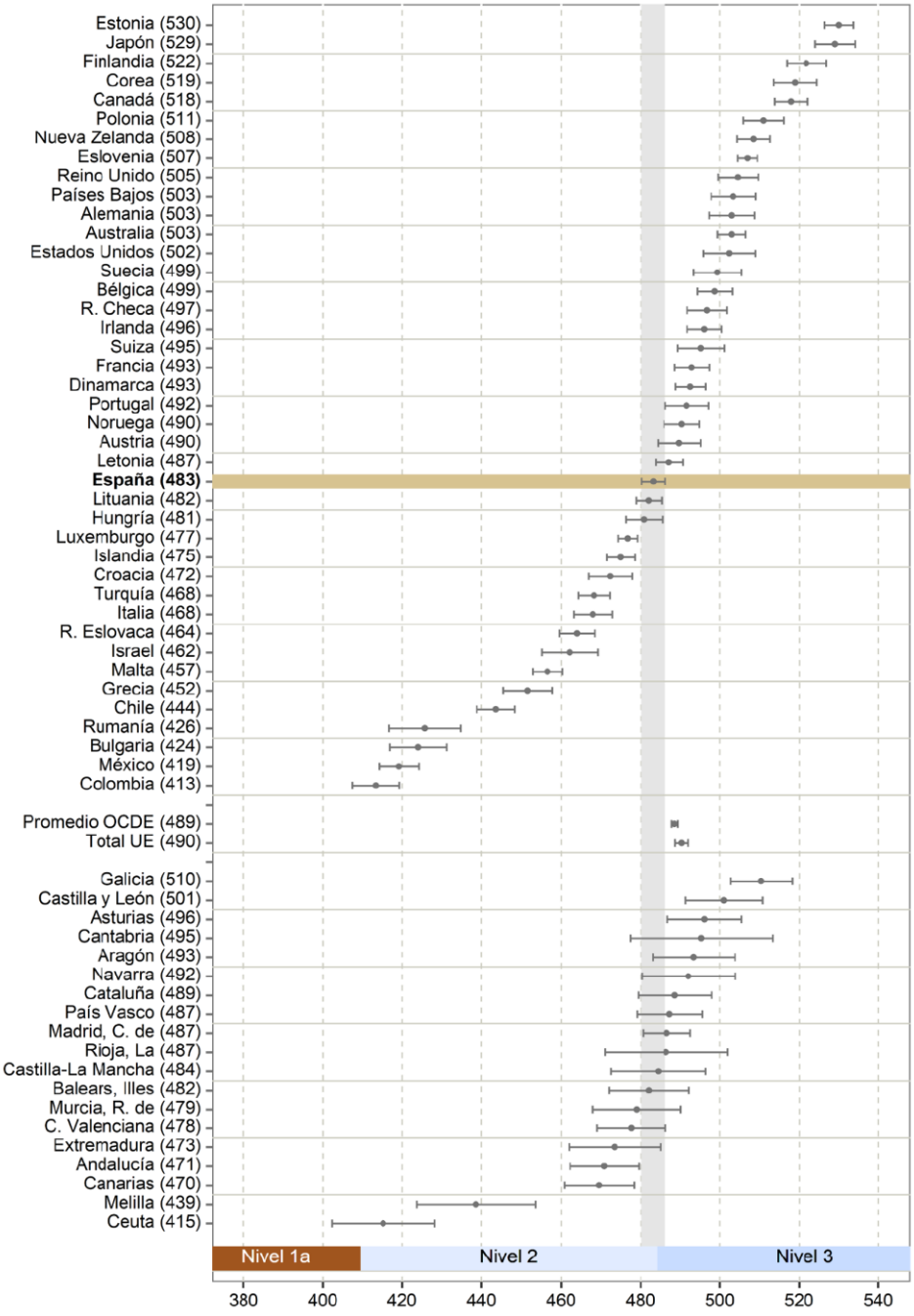


Figura 1: Puntuaciones medias estimadas en ciencias junto con el intervalo de confianza al 95% para la media poblacional. Fuente: Informe PISA 2018 (2019).

Si observamos la evolución en los últimos diez años de las puntuaciones estimadas en ciencias tanto para la media de países de la OCDE como para España, comprobamos que los estudiantes de nuestro país muestran un descenso estadísticamente significativo, hasta encontrarse 5 puntos por debajo del ciclo 2009 (Figura 2). Esto también ocurre en la media de los países de la OCDE, que muestra un descenso continuo y pronunciado, situándose en el ciclo 2018 hasta 9 puntos por debajo de la media estimada en 2009.

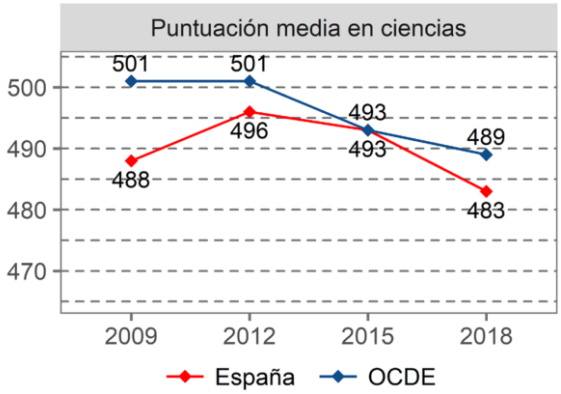


Figura 2: Evolución de las puntuaciones medias estimadas en ciencias. Fuente: Informe PISA 2018 (2019).

Se observa, por tanto, un declive a nivel europeo y nacional en la calidad general del aprendizaje de ciencias del alumnado. Esto lleva claramente a la conclusión de que la enseñanza de ciencias en la etapa obligatoria debería revisarse y corregirse.

Del informe PISA también podemos obtener datos que resultan de utilidad para enfocar el diseño de las metodologías docentes actuales. Mientras que en 2009 un 15% de estudiantes de media en los países de la OCDE afirmaron no tener en casa acceso a internet, en 2018 este porcentaje disminuyó hasta el 5%. Sin embargo, el crecimiento del acceso a medios digitales puede ser mucho mayor debido a la universalización del uso del teléfono móvil con acceso a internet. Existen evidencias de que la disponibilidad de dispositivos digitales en el hogar está relacionada con un mejor rendimiento del alumnado (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2016; Mullis, Martin, Foy y Hooper, 2017). Además, los estudiantes con una exposición a internet moderada obtienen, de media, mejores resultados que los que no acceden a la red, si bien es cierto que la exposición excesiva a internet (6 o más horas diarias) puede producir peores resultados de rendimiento (Echazarra, 2018). Además, la evidencia muestra que, en general, hay una relación positiva entre la realización de tareas escolares en casa y el rendimiento académico, cuya fortaleza depende de la etapa educativa y el estatus socioeconómico y cultural, entre otros factores (Huiyong, Jianzhong, Zhihui, Jinbo, y Xitao, 2017). Los datos anteriores sugieren que la realización de tareas o actividades escolares en casa mediante dispositivos digitales puede ser una posibilidad muy real para el diseño de estrategias que mejoren el aprendizaje del alumnado.

Volviendo al aprendizaje de las ciencias en España, se constata desde hace años que existen serias dificultades en la educación científica en nuestro país, con un alumnado que cada vez aprende menos en el ámbito de las ciencias y que aumenta su desinterés por lo aprendido (Pozo y Gomez, 2009). Las causas de esta situación probablemente no tengan un único origen, sino que se trataría de un problema multifactorial en el que está implicado el alumnado, los

docentes, el contexto escolar y la sociedad. Para comenzar a buscar una respuesta, podríamos plantearnos si la organización y estructuración del plan educativo en el ámbito de las ciencias responde al contexto sociocultural actual. No son pocas las voces que defienden un debate sobre la vigencia del currículum, destacando que en ocasiones las enseñanzas científicas en las que se centra la educación secundaria no responden a las necesidades y retos del mundo contemporáneo (Coll y Martín, 2006). Junto con la posible obsolescencia de algunos aspectos del currículum, también podemos encontrar lo que se conoce como la paradoja del doble currículum (Carbonell, 2002), en la que los contenidos establecidos por la legislación pueden en ocasiones ser demasiados amplios para tratarlos en un único curso académico.

Los docentes son sin duda una figura clave para el aprendizaje de las ciencias por parte del alumnado, puesto que éstos también influyen en el desarrollo de actitudes frente a la ciencia por parte de los estudiantes y en su decisión de desarrollar una carrera profesional relacionada con la misma. Los docentes de ciencias deberían poder implementar nuevas metodologías de enseñanza a medida que se diseñan y se prueba su eficacia. Sin embargo, con frecuencia se ven sobrecargados por la ampliación de las demandas educativas (nuevas legislaciones, diversificación en la oferta educativa, ratio de alumnos por aula, etc.), las características del currículum (obsolescencia, extensión) y otros aspectos (falta de formación, distribución lectiva, incentivos, etc.) (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2014). Muchos docentes terminan por aplicar metodologías tradicionales basadas en las clases magistrales, libros de texto y actividades clásicas. Las prácticas tradicionales priorizan los contenidos teóricos en detrimento de los prácticos, lo que también dificulta para el alumnado su comprensión y el reconocimiento de su aplicabilidad (Merino, 2007). Ya desde infantil se aprecian carencias en el personal docente de estas etapas, que da prioridad a actividades técnicas y no a las correspondientes a la propia metodología científica o a la argumentación (Cantó, De Pro y Solbes, 2016). Esto nos hace pensar que algo falla en la base de la enseñanza de las ciencias.

El profesorado también debería ser consciente de que cada estudiante tiene unas necesidades, motivaciones e intereses diferentes, por lo que también debería educarles en las estrategias metacognitivas que les ayuden a comprender y contextualizar los nuevos conocimientos. Según Solbes, Monserrat y Furió (2007) ha disminuido el número de estudiantes que optan por un bachiller de ciencias o que eligen asignaturas científicas. También se aprecia que el alumnado tiene una visión negativa de las ciencias y de la enseñanza de las mismas.

2.2 EL METABOLISMO EN BIOLOGÍA DE 2º DE BACHILLERATO

Los contenidos relacionados con el metabolismo suponen un reto de especial dificultad para el alumnado de Biología de 2º de Bachillerato. Buena parte del metabolismo supone un conjunto de conocimientos nuevo para el alumno que consiste en un importante volumen de conceptos, nombres y procesos. En cursos anteriores, los alumnos han tratado algunos conceptos relacionados con el metabolismo (Anexo V), pero puede resultar complicado realizar conexiones o inferencias con estos conocimientos previos si no se han aprendido correctamente. Como observamos en el trabajo de la profesora Salinas (2020), el alumnado tiende a presentar varios errores de comprensión con respecto a los contenidos que ya han estudiado anteriormente. Para empezar, suelen interpretan la fotosíntesis de forma fragmentada, sin comprender completamente el papel global y la interacción de cada una de sus subfases. Respecto a la respiración, suelen entenderla como un mero intercambio de gases a nivel macroscópico del organismo completo, sin realizar la interpretación a nivel celular y molecular de forma correcta. En cuanto a la fermentación, muchos estudiantes no terminan de comprender el proceso o también mantienen ideas erróneas. Para complicar más la situación, debido a la propia naturaleza del metabolismo, los estudiantes han de ser capaces de establecer las múltiples interacciones que se dan entre todos los nuevos contenidos que están aprendiendo. No es de extrañar, por tanto, que el metabolismo suponga para muchos la piedra de tropiezo en la Biología de 2º de Bachillerato. El diseño y la posible futura implementación de la propuesta didáctica de este TFM intentaría responder a esta pregunta: ¿Podemos mejorar de forma significativa el aprendizaje del metabolismo mediante una más cuidada selección, presentación y trabajo de los contenidos desde una perspectiva constructivista?

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una propuesta didáctica para mejorar el aprendizaje de los contenidos relacionados con el metabolismo en estudiantes de Biología de 2º de Bachillerato desde una perspectiva constructivista.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir las principales características del enfoque constructivista y de las teorías actuales sobre el aprendizaje en relación con los contenidos de este trabajo.
- Determinar los contenidos relacionados con el metabolismo establecidos por la legislación, los comúnmente transmitidos mediante libros de texto y los evaluados en las PAU en la Comunidad Valenciana.
- Seleccionar los contenidos imprescindibles y más relevantes relacionados con el metabolismo y diseñar materiales de estudio optimizados para su aprendizaje.
- Diseñar actividades adecuadas para guiar al aprendizaje de los contenidos propuestos, así como el sistema de evaluación.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 APORTACIONES DEL CONSTRUCTIVISMO A LA EDUCACIÓN

4.1.1 DEL ASOCIACIONISMO AL CONSTRUCTIVISMO

A lo largo de la historia se han desarrollado diferentes teorías acerca de cómo tiene lugar el aprendizaje humano. Sin duda, una de las primeras se la debemos a Platón (siglo IV a.c.). En su obra "La República" se expone el mito de la caverna y se defiende que el conocimiento no es sino una sombra o reflejo de unas ideas innatas que se encuentran ya en nuestro interior y a las que podemos acceder y descubrir por medio de la reflexión. Posteriormente, Aristóteles, considerado el creador del asociacionismo, expondría una propuesta contraria en la que se defiende que el conocimiento es captado por medio de los sentidos, los cuales le dan a la mente imágenes que se asocian según los principios de contigüidad, similitud y contraste. A grandes rasgos, siguiendo una perspectiva asociacionista, el aprendizaje podía considerarse como la extracción de regularidades de nuestro ambiente, relacionando qué eventos ocurren juntos y qué consecuencias siguen a nuestras conductas (Orozco, 2009).

Las teorías conductistas han tenido un gran auge en la psicología y enseñanza del siglo anterior, siendo un tipo de asociacionismo cultural en el que a cada estímulo le sigue una respuesta (Orozco, 2009). Siguiendo el paradigma conductista, enseñanza y aprendizaje serían procesos que participan en un acto de transmisión-reproducción de los contenidos a enseñar, en el que el profesor es el poseedor del conocimiento. Los estudiantes son simples recipientes para dicho conocimiento y aprenderían de forma pasiva mediante las explicaciones del docente. La única forma de comprobar si el alumnado ha aprendido consistiría en determinar la habilidad que muestra para reproducir el conocimiento enseñado en diferentes situaciones artificiales de evaluación (Hernández, 2008).

La comunidad educativa ha ido progresivamente abandonando los posicionamientos conductistas y trabaja actualmente dentro del marco del constructivismo. De forma general, en este paradigma, el conocimiento se considera una construcción propia del sujeto que se desarrolla progresivamente como resultado de la interacción de los factores cognitivos y sociales, siendo un proceso que se realiza de manera permanente y en cualquier entorno con el que el sujeto interactúa (Saldarriaga-Zambrano, Bravo-Cedeño y Loor-Rivadeneira 2016). Se da en el individuo un proceso de construcción y reconstrucción cognoscitiva para entender los procesos, objetos y fenómenos que componen el mundo que le rodea. Uno de los elementos centrales es que cada uno es protagonista y responsable de su propio aprendizaje, en el que

pasa por un proceso de integración entre aquello que ya conoce y los nuevos conocimientos que quiere aprender.

4.1.2 APORTACIONES DE PIAGET, VIGOTSKY Y AUSUBEL

El marco constructivista se compone de distintas perspectivas filosóficas, psicológicas, epistemológicas y pedagógicas, que constituyen diferentes enfoques. Los tres enfoques principales que enmarcan las corrientes constructivistas son la epistemología genética de Jean Piaget, el enfoque histórico-cultural de Lev Semionovich Vigotsky y la didáctica del aprendizaje significativo de David Ausubel. Los tres enfoques son complementarios y cada uno aporta aspectos particulares, aunque, como ya se ha mencionado para el constructivismo de forma general, todos se basan en que el individuo presenta un papel dinámico, consciente y activo en el proceso de su aprendizaje. En este proceso el individuo relaciona nuevos conocimientos con los que ya posee por su experiencia anterior. La nueva información adquiere relación y significado dentro de su estructuración cognitiva previa.

El primero de los constructivismos en aparecer fue el de Piaget, cuyos trabajos comenzaron en los años 20 del siglo pasado. Tratando de responder a la pregunta de "cómo se construye el conocimiento científico" Piaget desarrollo sus dos famosas teorías "de los estadios" y "de la equilibración". Éstas suponen una explicación sobre cómo el sujeto construye la realidad, al mismo tiempo que construye sus propios recursos intelectuales (esquemas y estructuras) por continuos procesos de desequilibración (a causa de perturbaciones o conflictos cognitivos) y equilibración (operaciones compensatorias) (Hernández, 2008).

Según la teoría de los estadíos de Piaget, el desarrollo cognitivo sería un proceso continuo en el cual la construcción de los esquemas mentales tiene lugar a partir de los esquemas presentes anteriormente, en un proceso de reconstrucción constante. Esto tendría lugar en una serie de estadíos, definidos por un orden constante de sucesión y por cambios cuantitativos y cualitativos que suponen la aparición de capacidades cognitivas nuevas y más potentes, que al mismo tiempo engloban a las anteriores (Saldarriaga-Zambrano et al., 2016).

La equilibración sería un componente esencial del desarrollo y consistiría en una serie de reacciones activas del sujeto en respuesta a perturbaciones exteriores y cambios. Según Piaget, el aprendizaje solo ocurriría ante estas situaciones de cambio, por lo que aprender sería una adaptación que se da a partir de los procesos esenciales de asimilación y de acomodación. La asimilación haría referencia a la manera en que un sujeto afronta o percibe un estímulo

externo en base a una “estructura mental” organizada con anterioridad. La acomodación consistiría en una modificación en la organización presente en respuesta a las exigencias del entorno. A través de estos dos procesos, el individuo sería capaz de reestructurar cognitivamente su aprendizaje en cada uno de los estadíos de desarrollo descritos por Piaget. La equilibración sería la regulación que controla la relación entre la asimilación y la acomodación (Saldarriaga-Zambrano et al., 2016).

Pese a que algunas de las ideas de las teorías de Piaget ya no son consideradas correctas hoy en día, todavía perduran y están en total vigencia muchas de sus aportaciones. Piaget despertó el interés por el estudio de las relaciones entre los procesos de desarrollo cognitivo y el aprendizaje escolar e inició la discusión y la exploración de las ideas constructivistas en los procesos de adquisición del conocimiento (Hernández, 2008). También defendió que dicho conocimiento no radica en los objetos ni en el sujeto, sino en la interacción entre ambos, y que el alumno es un sujeto activo que elabora la información y es capaz de progresar por sí mismo. De esta forma Piaget ayudó a potenciar los métodos de enseñanza que estimulan el aprendizaje activo, al defender que los conocimientos han de ser construidos activamente por el individuo para poder ser realmente comprendidos. El profesorado actuaría como orientador, siendo responsable, no simplemente de impartir información, sino de crear las condiciones y métodos adecuados para que el alumnado desarrolle su inteligencia y construya los conocimientos necesarios para su formación (Saldarriaga-Zambrano et al., 2016).

También hemos recibido numerosas aportaciones del conocido como constructivismo social de Vigotsky, cuyos textos fueron comenzados a interpretar en occidente a partir de los años setenta y ochenta (Hernández, 2008). Vigotsky también sostiene que el aprendizaje es el resultado de la interacción del individuo con el medio (Ortiz, 2015). Sus ideas intentan explicar el origen de los procesos psicológicos y de la conciencia en base a la dimensión sociohistórica y cultural. Considera que el desarrollo, más que un proceso de socialización progresivo, es una participación en prácticas y contextos culturales cada vez más complejos en donde el sujeto se desenvuelve y se adueña de diferentes mediadores y saberes culturales. Simultáneamente se promueve en el individuo una mayor individuación, desarrollando su propia singularidad y personalidad (Hernández, 2008).

Como matiz diferenciador con respecto a Piaget, Vigotsky no considera el conocimiento como una construcción puramente interna del sujeto, sino que habla de una co-construcción conjunta, mediada culturalmente, entre el sujeto que aprende (estudiantes) y los otros (profesores, instituciones, sociedad…), con un mayor conocimiento de los saberes culturales.

Vygotsky da también una gran importancia a la denominada como "zona de desarrollo próximo", que sería la distancia entre lo que una persona puede aprender por sí misma y lo que sería capaz de aprender con la ayuda de un experto en el tema (Hernández, 2008).

La teoría de la asimilación de Ausubel fue elaborada desde los años sesenta y trata de explicar de forma constructiva el proceso de aprendizaje de significados que realizan los estudiantes en contextos escolares (Hernández, 2008). En el aprendizaje significativo de Ausubel, el sujeto relaciona las nuevas ideas que recibe con aquellas que ya tenía anteriormente (ideas de anclaje), dando origen a una significación única y personal. Este proceso tiene lugar mediante un aspecto lógico, que implica que el material a aprender tiene cierta coherencia interna; un aspecto cognitivo, que tiene en cuenta el desarrollo de habilidades de pensamiento y de procesamiento de la información; y un aspecto afectivo, que tiene en cuenta las condiciones emocionales de los estudiantes y docentes, que favorecen u obstaculizan el aprendizaje (Ortiz, 2015).

La teoría de Ausubel tiene importantes implicaciones educativas, pudiendo destacarse que su propuesta fue elaborada con la mejora de las prácticas educativas escolares en mente, mientras que otras teorías hasta entonces desarrolladas, como el conductismo o el procesamiento de la información, trabajaban con escenarios artificiales y con tareas de aprendizaje abstractas y sin sentido (Hernández, 2008).

4.1.3 EL CONSTRUCTIVISMO EN LA ACTUALIDAD

Al asociar el constructivismo con la educación, este enfoque puede malinterpretarse como si consistiese en dejar a los estudiantes aprender a su ritmo, con una mínima implicación del profesor y simplemente permitiendo a los alumnos trabajar con el material propuesto y llegar a sus propias conclusiones. Lo que se pretende realmente es una interacción entre los conocimientos del docente y los del estudiante, de manera que se pueda llegar a una síntesis productiva para ambos y que los contenidos sean revisados para lograr un aprendizaje significativo (Ortiz, 2015). Lo que aprendemos depende de aquello que ya sabíamos, dándose una re-estructuración del conocimiento, una acomodación de las estructuras a la nueva información en términos piagetianos. Se produce una construcción dinámica del conocimiento y no una simple sustitución de saberes. El constructivismo sostiene que se aprende de la experiencia, pero también que el aprendizaje es una construcción y no una réplica de la realidad, sino un intento de representar su estructura (Orozco, 2009).

Las propuestas del constructivismo hacia la educación son muchas y variadas. Los requisitos para un aprendizaje constructivo son más exigentes que los requeridos para el aprendizaje asociativo. De forma general, los materiales deben tener una estructura interna lógica y un vocabulario reconocible por los estudiantes, los cuales deben poseer conocimientos previos sobre el tema, deben estar motivados para favorecer la comprensión y todo el proceso debe darse en un ambiente que lo posibilite adecuadamente (Orozco, 2009).

Los contenidos a trabajar en clase han de tener una cierta lógica que indique el orden con que deben ser tratados, generalmente de más simples a más complejos, de forma que los estudiantes tengan la base necesaria para asimilar contenidos de mayor complejidad conforme avanza su formación. Los conocimientos deben ser globales y particulares simultáneamente, existiendo un equilibrio entre la revisión teórica de los contenidos y su aplicación particular en los contextos específicos en los cuales los estudiantes tienen que desenvolverse. También es crítico considerar los aprendizajes previos, de manera que los docentes han de tener en cuenta las materias que ya se han tratado con anterioridad y hacer evaluaciones al inicio de la enseñanza de un nuevo tema para determinar los conocimientos reales de los estudiantes (Ortiz, 2015).

Las actividades a desarrollar han de resultar atractivas para el alumnado, preferiblemente por motivos endógenos (interés por el tema) antes que exógenos (necesidad de aprobar). Para ello se pueden diseñar actividades que busquen la consecución de un objetivo y en las que se perciban los resultados de las acciones del alumno. También es beneficioso que las actividades sean manipulativas y favorezcan la implicación activa de los estudiantes (Marín, 2014).

La evaluación es entendida como un ejercicio de reflexión para saber si el proceso de formación está alcanzando el aprendizaje que se pretende. Proporciona información que debe ser tomada en cuenta para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje, los cuales no son perfectos y están sujetos a cambios continuos que intentan optimizarlos (Ortiz, 2015).

Tradicionalmente se ha utilizado un modelo de transmisión-recepción en el que los profesores transmitían los conocimientos a los alumnos simplemente mediante exposiciones orales o escritas. Desde el constructivismo se defiende que la simple exposición de conocimientos, sin el contexto adecuado y la necesaria reflexión del alumno, no garantiza una correcta comprensión e integración de los mismos. Integrar los conocimientos (asimilar y acomodar en términos piagetianos) no es lo mismo que comprender (asimilar sin acomodar). El primero supone la retención a largo plazo que el último no logra por sí mismo. Pasar de

comprender a integrar requiere la implicación afectiva del estudiante para volver de forma reiterada sobre la información externa que pone resistencia, a pesar de los conflictos cognitivos que produce (Marín, 2014).

A modo de breve conclusión, podemos decir que la aplicación del modelo constructivista en el ámbito educativo se centra en el alumnado, sus experiencias y sus conocimientos previos, que son reconstruidos al interactuar con conocimientos nuevos (Piaget) y con otras personas (Vigotsky) en un contexto significativo para el estudiante (Ausubel). El alumno adquiere un papel protagonista, activo y consciente del propio aprendizaje, en el cual el conocimiento se construye en lugar de transmitirse.

Los profesores deben despertar el interés del alumnado, fomentar su motivación y esfuerzo constante, y actuar como mediadores (y no simples transmisores) entre los estudiantes y los nuevos conocimientos, conformados también por destrezas, actitudes y valores.

4.2 APORTACIONES DE LA PSICOLOGÍA Y NEUROCIENCIAS

Muchas de las ideas y aportaciones de la perspectiva constructivista han sido apoyadas o modificadas en cierta medida por los avances de los últimos años en psicología y neurociencias. Algunos aspectos a destacar que son útiles para este trabajo serán explicados a continuación.

4.2.1 ASPECTOS BÁSICOS DE LA MEMORIA

Dentro del ámbito de la enseñanza y el aprendizaje, la memoria juega un papel absolutamente crucial, a pesar de que en los últimos años existe una tendencia a restarle importancia, debido en parte a la abundancia de plataformas digitales de almacenamiento y al propio volumen de información disponible. La memoria está presente en casi todos los fenómenos psicológicos humanos y es imprescindible para almacenar información esencial para nuestra supervivencia (hechos, personas, procedimientos) o aquello que queremos aprender o nos parece interesante. Poseemos dos sistemas de memoria diferentes, uno de corta duración, llamado Memoria a Corto Plazo (MCP), y otro de larga duración o Memoria a Largo Plazo (MLP). Ambos sistemas están relacionados, pero cumplen con funciones diferentes. La MCP tiene una capacidad de almacenamiento y duración muy limitadas (aproximadamente 7 unidades de información durante unos pocos segundos), y presenta una codificación de tipo fonológico. Su

función parece ser permitir realizar tareas de procesamiento serial que requieren mantener almacenada una información de tipo verbal hasta que se procesa la información subsiguiente, como sucede por ejemplo en el lenguaje. Por otro lado, la MLP es un almacén de información de enorme capacidad y duración (durante años o toda la vida, aunque también se produce olvido). La codificación en la MLP es de tipo semántico (significados) o episódico (orden de eventos, localizaciones, etc.) y es en este almacén donde se encuentra la información que debemos recuperar para el funcionamiento en nuestras múltiples acciones y actividades de cada día (Vidal-Abarca, s.f.).

Cuando nos encontramos con nueva información de interés, la MCP puede procesarla de diferentes formas (visual, fonológica, semántica) para permitir su almacenamiento a largo plazo en la MLP, siendo el procesamiento basado en significados el más efectivo de todos. Tal y como defendían en cierto modo las perspectivas constructivistas, cuantas más y mejores conexiones semánticas se establecen entre la nueva información recibida por el sujeto y la información ya almacenada, mejor almacenamiento se produce y más fácil es la recuperación de los nuevos conocimientos. La MLP actúa como una gran red de elementos interconectados y relacionados, de forma que, si contamos con suficientes conocimientos previos sobre un tema, estos actuarán como un ancla eficaz para conectar nuevos elementos relacionados. Un fenómeno importante del funcionamiento de la memoria es la propagación de la activación de información. Cuando prestamos atención a un término o una idea, automáticamente se activan en nuestra mente otras ideas relacionadas que se recuperan de la MLP (Vidal-Abarca, s.f.).

Otro aspecto de interés de la memoria es que la similitud semántica puede interferir en la codificación. Es más sencillo almacenar 5 nombres en 4 categorías semánticas diferentes que almacenar 20 nombres en la misma categoría (Vidal-Abarca, s.f.). Esto sugiere que, en el momento de diseñar materiales de estudio, debería apostarse por una estructura jerárquica de conceptos en contraposición a una simple yuxtaposición de contenidos.

Las bases del funcionamiento de la memoria y el aprendizaje se encuentran en cualidades del cerebro como la plasticidad sináptica o neuronal, que depende de las propiedades de las sinapsis presentes entre las neuronas. La plasticidad neuronal puede definirse como la capacidad de las neuronas de responder, por medio de cambios a nivel funcional, molecular y estructural, a las necesidades que aparecen en el propio organismo o en su entorno. La sinapsis de la neurona tiene un papel principal en estos cambios moleculares y estructurales, los cuales suceden tanto a corto como a largo plazo.

Los cambios relacionados con la plasticidad a corto plazo afectan a la capacidad de las neuronas de comunicarse eficazmente, es decir a que el impulso nervioso que recorre el axón de una neurona pase a través de la sinapsis y alcance la siguiente neurona (eficacia sináptica). Los procesos relacionados con la plasticidad a corto plazo ocurren en una escala de tiempo de decenas de milisegundos a varios minutos y están implicados en funciones como algunas formas de memoria de corto plazo (Citri y Malenka, 2008), la adaptación sensorial frente a un estímulo persistente (Chung, Li y Nelson, 2002) o la selectividad direccional, referida a la detección de cambios de dirección de los objetos (Carver, Roth, Cowan y Fortune, 2008).

La plasticidad sináptica a largo plazo tiene un efecto que dura de minutos a horas o semanas y se considera que interviene en el almacenamiento en la MLP. Diferentes formas de plasticidad sináptica a largo plazo responden a diferentes características como la duración del efecto o el tipo de acción (potenciadora o depresora) sobre la capacidad de las sinapsis de transferir la información de una neurona a otra (Hernández y Caurín, 2020).

4.2.2 EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS E IDEAS

Al aprender sobre un tema como el metabolismo, generalmente lo que se está aprendiendo son ideas y conceptos, los cuales expresan significados que tendremos en nuestra memoria. Es de gran interés conocer los procesos cognitivos que nos permiten aprender ideas y conceptos, siendo los principales la comprensión, el almacenamiento y la descontextualización. Es importante destacar que entender un significado no significa memorizar exactamente las palabras utilizadas para expresarlo en un momento concreto. El significado de una idea es relativamente independiente de las palabras y de la sintaxis con la que se expresa. Respecto a la comprensión de lo que queremos aprender, cuando escuchamos o leemos una frase, el conocimiento previo es crítico para entender la información que estamos recibiendo. Para poder comprender correctamente una frase que conecta varias ideas para transmitir un significado nuevo, debemos tener almacenados en nuestra memoria los significados de las ideas simples individuales. Aquello que se ha de entender hay que poder asociarlo con información que ya poseamos. Cuanto más conocimiento tengamos sobre el tema y los términos utilizados, mejor entenderemos la información recibida. Este proceso de asociación entre un término y otros relacionados (propagación de la activación) es característico de la memoria y es un proceso automático que posibilita que hagamos inferencias, es decir, conectar unas informaciones con otras (Vidal-Abarca, s.f.).

Las ideas expuestas aquí están centradas en el aprendizaje de textos escritos, aunque también se pueden aplicar a un discurso oral teniendo en cuenta sus matices particulares: transitoriedad (no es posible re-escuchar una clase, a menos que este grabada), redundancia (repetición de ideas para facilitar su comprensión) y posibilidad de diálogo y retroalimentación. Cuando se comprende bien una pieza de información, se forma una representación mental coherente en la que los diferentes conceptos e ideas se conectan con los conocimientos del estudiante mediante relaciones semánticas. En la representación se encontrarán ideas explicitas y otras que deberán ser inferidas por el sujeto, y algunas de ellas serán más centrales que otras al establecer un mayor número de relaciones semánticas con otros elementos (Vidal-Abarca, s.f.).

A esta representación final coherente de la pieza de información estudiada se llega a través de varios ciclos de procesamiento. En cada ciclo se producirá un primer proceso de formación de ideas seguido de un proceso de validación. El estudiante comenzará prestando atención a la primera parte de la pieza o primera frase de un texto, y unas determinadas ideas se formarán en su mente. Las palabras leídas activarán automáticamente los conocimientos relacionados que tiene en la MLP y las nuevas ideas pasarán a ser validadas. Esta validación consiste en la determinación de si las nuevas ideas generadas son coherentes con lo que el estudiante ya sabe, si tienen sentido para él. La aparición o no de coherencia dependerá, por un lado, de los estándares de coherencia aplicados al texto (al estudiar un texto se prestará mucha más atención para entenderlo que a una lectura por entretenimiento). Por otro lado, la coherencia también depende obviamente de los conocimientos previos. Cuanto más conocimiento se tenga sobre la materia, más fácil será formar ideas con sentido y validarlas, y más conocimientos se activarán en la mente. Si las nuevas ideas generadas no tienen suficiente coherencia y sentido, el estudiante detendrá la lectura y utilizará procesos estratégicos de comprensión. Estos pueden consistir en releer la información, realizar anotaciones, buscar información externa, detenerse a pensar o recordar con mayor esfuerzo, etc. Por ejemplo, si estamos hablando de cómo durante el metabolismo de los lípidos los triglicéridos se descomponen en glicerol y ácidos grasos, el estudiante necesitará tener en su MLP los conceptos de estas dos moléculas para entender la información que se le proporciona. Si no recuerda la composición de los triglicéridos, deberá poner en marcha un proceso estratégico, como es la búsqueda de información sobre estas biomoléculas, antes de continuar con el estudio (Vidal-Abarca, s.f.).

Tras este primer ciclo de procesamiento, el estudiante habrá generado una primera representación mental del texto. Conforme vaya leyendo el resto de la información, llevará a

cabo nuevos ciclos de procesamiento en los que del mismo modo generará y validará nuevas ideas, creando nuevas representaciones mentales, aunque también tendrá que validar si las nuevas ideas de cada ciclo son coherentes con lo que ha leído hasta el momento. Finalmente, tras comprender un texto, se habrá formado una nueva representación mental final en la que se habrán realizado numerosas inferencias entre los diferentes elementos del texto y entre el texto y los conocimientos previos del estudiante. La nueva representación modificará la que tenía previamente el estudiante sobre el tema, añadiendo información o re-estructurando las ideas anteriores (Vidal-Abarca, s.f.).

Puesto que aprender conlleva un cambio relativamente permanente en el conocimiento, además de una correcta comprensión de una pieza de información, también se requiere de un buen almacenamiento y descontextualización. El olvido de informaciones almacenadas en la memoria es un proceso inevitable, pero puede combatirse con diferentes estrategias. Una de las más efectivas para asegurar un buen almacenamiento es la práctica de la recuperación. Esta práctica consiste, a grandes rasgos, en intentar recordar la máxima cantidad posible de información de un texto o pieza estudiado, para después releer prestando atención adicional a aquello que no se ha recordado, y finalmente volver a intentar recordar la información. Se pueden realizar varios ciclos de recuperación y relectura para mejorar el almacenamiento, siendo esta práctica mucho más efectiva que otras como simplemente releer el texto o realizar mapas conceptuales o resúmenes, aunque la eficacia de estas dos últimas prácticas varía dependiendo de la destreza del alumno en implementarlas. La práctica de la recuperación parece facilitar la búsqueda de información en la memoria, al recodificarse de forma más efectiva aquello que los estudiantes no recordaban y han tenido que releer (Vidal-Abarca, s.f.).

La información almacenada a largo plazo hará que esté disponible para relacionarse con nuevos conocimientos que se aprenderán más adelante, por lo que podrá utilizarse en diferentes contextos. Esta descontextualización de la situación de aprendizaje original contribuirá a re-estructurar y recodificar con más fuerza el conocimiento (Vidal-Abarca, s.f.).

5. METODOLOGÍA

5.1 ANÁLISIS DE LOS CONTENIDOS RELACIONADOS CON EL METABOLISMO

5.1.1 LEGISLACIÓN VIGENTE

El primer paso para el diseño de los materiales y actividades de aprendizaje es la selección de los contenidos que deben ser incluidos en los mismos. La legislación vigente en la Comunidad Valenciana determina cuales deben ser los contenidos mínimos que deben trabajarse en el Real Decreto 1105/2014 de 26 de diciembre de 2014 (RD 1105/2014) y en el Decreto 87/2015 de 5 de junio de 2015 (Anexo I). Entre ambos documentos podemos encontrar no solo los contenidos establecidos, sino también criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables que ayudan a concretar con más definición los contenidos específicos que deben aprender los estudiantes. Concretamente, los contenidos relacionados con las enzimas y las vitaminas están asociados al bloque 1 en ambos documentos, mientras que el resto de aspectos del metabolismo están asociados al bloque 2. Para algunos aspectos del metabolismo, la legislación no establece con precisión los contenidos a desarrollar, por lo que queda a discreción del profesorado determinar la profundidad con la que tratarlos. En la tabla 1 (situada al final del punto 5.1.3) se muestra una recopilación de los contenidos relacionados con el metabolismo que aparecen en la legislación, en los libros de texto y en las PAU. Aquellos establecidos explícitamente por la legislación vigente aparecen señalados (X) en la columna "LEYES". En general, los contenidos del Decreto 87/2015 son los mismos que los del Real Decreto 1105/2014, con alguna reformulación en la redacción. En el Decreto 87/2015 aparecen algunos contenidos nuevos añadidos de forma explícita, pero puede entenderse que forman parte o están relacionados con los ya presentes en el Real Decreto 1105/2014.

5.1.2 LIBROS DE TEXTO

Los contenidos mínimos establecidos por la legislación han de enseñarse obligatoriamente, por lo que las editoriales los deben incluir al redactar sus libros de texto. Sin embargo, éstas tienen cierto margen para añadir contenidos o determinar hasta que profundidad van a tratar los diferentes aspectos del metabolismo. Para tener una visión aproximada de los contenidos que suelen estudiar los alumnos de 2º de Bachillerato, se ha revisado el material presentado en los libros de texto para Biología de tres de las editoriales más utilizadas en nuestro país, SM, Santillana y Anaya (Anexo II). Para el libro de la editorial SM se

realiza un desglose más detallado de cada epígrafe con los conceptos y contenidos que incluye cada apartado. Es cierto que no pocos docentes elaboran sus propios materiales de estudio para la asignatura, pero habitualmente suelen utilizar los libros de texto como material de referencia. Podemos observar como los contenidos relacionados con el metabolismo se organizan generalmente en tres unidades didácticas, una unidad dedicada al catabolismo, una unidad dedicada al anabolismo, y una unidad previa a las dos anteriores que constituye una introducción general al metabolismo (SM y Santillana), o en la que aparecen algunos contenidos específicos, como enzimas y vitaminas (Anaya). Como podemos observar en la tabla 1, los libros de texto incluyen todos los puntos que marca la legislación vigente, además de profundizar en algunos aspectos de los mismos que no aparecen explícitamente pero que son complementarios o ayudan a concretar los contenidos. Algunos libros también incluyen contenidos que, conforme a los objetivos marcados por la legislación vigente, quizá se alejen un poco de lo que se espera que aprendan los estudiantes de segundo de Bachillerato, como es el caso de contenidos sobre el papel de las hormonas en el metabolismo o detalles de algunas rutas como, por ejemplo, la degradación y síntesis de ácidos nucleicos. Como veremos en el siguiente punto, estos contenidos adicionales ni siquiera han sido evaluados en las PAU de la Comunidad Valenciana en el periodo 2010-2020.

5.1.3 PRUEBAS DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD

El alumnado de 2º de Bachillerato con la intención de acceder a estudios universitarios no solo ha de obtener buenas calificaciones durante el curso académico, sino que ha de prepararse para la realización de las PAU al finalizar el mismo. Esto supone que las metodologías de enseñanza y aprendizaje aplicadas durante el curso han de ser lo más eficaces posible para la correcta comprensión e integración a largo plazo de los contenidos trabajados. En este TFM se ha realizado también una revisión de las preguntas de las PAU relacionadas con el metabolismo que han aparecido en las convocatorias ordinaria y extraordinaria en el periodo 2010-2020 en la Comunidad Valenciana (Anexo III). En la tabla 1 se muestra el número de veces que cada uno de los contenidos aparece relacionado con alguna de las preguntas de las PAU. Como puede verse, las rutas centrales de la respiración aeróbica y de la fotosíntesis (con sus detalles de localización subcelular, función, elementos, etc.) son los contenidos evaluados con mayor frecuencia; seguidos de la clasificación de organismos según su nutrición, la fermentación y detalles acerca de las enzimas. Si bien es cierto que cualquier contenido establecido por la

legislación puede ser evaluado, esta información puede ser de utilidad para determinar la importancia de los contenidos a tratar y la profundidad con que deberían trabajarse.

CONTENIDOS DEL METABOLISMO	LEYES	LIBROS	PAU	S.P.
Enzimas				
Concepto/Función/Importancia biológica	X	X	3	X
Modo de acción	X	X	3	X
Concepto de holoenzima, apoenzima, cofactor, coenzima		X	5	X
Influencia pH y temperatura		X	3	X
Clasificación de las enzimas		X		
Regulación (inhibición, alosterismo)		X		
Cinética de la reacción		X		
Vitaminas				
Concepto	X	X	1	X
Clasificación	X	X		X
Enfermedades asociadas	X	X		X
Aspectos generales del metabolismo				
Conceptos de catabolismo y anabolismo	X	X	3	X
Acoplamiento entre reacciones, balances energéticos	X	X		X
Aspectos energéticos y de regulación	X	X		X
Función del ATP como transportador de energía (Nuevo en Decreto 87/2015)	X	X	1	X
Tipos generales de moléculas en el metabolismo		X		X
Conceptos de energía libre, entropía, etc.		X		X
Conceptos de reacciones redox		X		X
Papel de las hormonas en el metabolismo		Algunos		
Tipos de organismos según su nutrición				
Concepto de organismos autótrofos/heterótrofos, litótrofos/organótrofos, fotótrofos/quimiótrofos y aerobios/anaerobios		X	7	X
Respiración celular				
Rutas a tratar: glucólisis, ciclo de Krebs, cadena de transporte electrónico, fosforilación oxidativa	X	X	12	X
Características trabajadas para cada ruta: función, localización subcelular, productos iniciales y finales, enzimas y moléculas más importantes	X	X	12	X
Rendimiento energético final de diferentes moléculas orgánicas (Nuevo en Decreto 87/015)	X	X		X
Fermentación				
Diferencias entre rutas aeróbicas y anaeróbicas	X	X	2	X
Diferencias en rendimiento energético	X	X	1	X
Tipos de fermentación	X	X	6	X
Aplicaciones industriales	X	X	3	X
Otras rutas catabólicas				
β-oxidación de ácidos grasos		X	2	X
Catabolismo de aminoácidos		Algunos		
Catabolismo de ácidos nucleicos		Algunos		
Fotosíntesis				
Importancia biológica	X	X	2	X

Rutas a tratar: fase luminosa, fase oscura/ciclo de Calvin	X	X	15	X
Características trabajadas para cada ruta: función, localización subcelular, productos iniciales y finales, enzimas y moléculas más importantes, rendimiento energético	X	X	15	X
Tipos de organismos fotosintéticos	X	X		X
Fotofosforilación cíclica y no cíclica (Nuevo en Decreto 87/2015)	X	X	1	X
Características de pigmentos y fotosistemas		X		X
Fotorrespiración		X		X
Factores que influyen en la fotosíntesis ($[O_2]$, luz, etc.)		X		X
Plantas C_3 y C_4		X		X
Otras rutas anabólicas				
Síntesis de aminoácidos		Algunos		
Gluconeogénesis		Algunos		X
Síntesis de glucógeno y almidón		Algunos		
Síntesis de lípidos		Algunos		
Síntesis de nucleótidos		Algunos		
Quimiosíntesis				
Concepto/Importancia biológica	X	X	2	X
Tipos de organismos quimiosintéticos	X	X		X

Tabla 1: Contenidos relacionados con el metabolismo presentes en la legislación, los libros de texto, las PAU y en la selección propia. En la columna "LEYES" aparecen marcados los contenidos que aparecen explícitamente en la legislación. En la columna "LIBROS" se indica si los contenidos están presentes en los libros de texto de forma general o solamente en algunos de ellos. En la columna "PAU" se lista el número de veces que cada contenido ha aparecido relacionado con alguna de las preguntas de las convocatorias ordinaria o extraordinaria de las PAU de la Comunidad Valenciana del periodo 2010-2020. En la columna "S.P." aparecen marcados los contenidos que constituyen la "selección propia" para elaborar los materiales de estudio. Fuentes: Real Decreto 1105/2014, Decreto 87/2014, Biología de 2º Bachillerato Editorial SM, Santillana y Anaya (última edición a junio de 2021), Pruebas de Acceso a la Universidad ordinarias y extraordinarias de Comunidad Valenciana en los años 2010 a 2020.

5.2 DISEÑO DE LOS MATERIALES DE ESTUDIO

5.2.1 SELECCIÓN DE CONTENIDOS

Tras analizar los contenidos relacionados con el metabolismo que aparecen en la legislación, libros de texto y las PAU, se han seleccionado los que serán tratados en los materiales de estudio y aprendizaje diseñados para esta propuesta didáctica (Tabla 1). Uno de los motivos de la selección es ajustar, en la medida de lo posible, el volumen de contenidos a tratar. Trabajando únicamente aquellos contenidos imprescindibles (por necesidad, coherencia interna o impuestos por la legislación) podemos realizar una mayor inversión en tiempo y esfuerzo para favorecer su aprendizaje. Por supuesto, los contenidos establecidos en la legislación han de estar incluidos de forma explícita o en relación a otros aspectos del metabolismo. La mayoría de los

contenidos trabajados en los libros de texto suponen una adecuada exposición y profundización de los indicados en la legislación. Sin embargo, hemos visto que algunos contenidos pueden depender del libro de texto en cuestión, y no existe la necesidad de su inclusión en el temario si atendemos a lo estrictamente exigido por ley (como es el caso del papel de las hormonas en el metabolismo). Además, el carácter no estrictamente necesario de estos contenidos queda también resaltado por el hecho de que no son evaluados en las PAU. Esto no quiere decir que no sean útiles para entender el conjunto global de los contenidos del metabolismo, pero sí nos da una idea de la profundidad con que deberían tratarse. Las preguntas habituales de las PAU también sirven en cierto sentido como una indicación para el resto de contenidos acerca de los esfuerzos que hay que centrar en ellos y una posible jerarquización en cuanto a la relevancia de los mismos. La selección de contenidos, la determinación de la importancia de cada uno de ellos y la manera de trabajarlos no debe atender únicamente a criterios de complimiento con la legislación o de preparación para las PAU. Se da el hecho de que, por un lado, es probable que muchos alumnos continúen sus estudios superiores con titulaciones en las que profundizarán mucho más en detalle en el metabolismo. Por otro lado, es inevitable que, tras completar la etapa de Bachillerato, los estudiantes recuerden con claridad solo una pequeña parte de lo que han trabajado durante el curso. Es por ello que el docente también debe tener un criterio propio acerca de cuáles son los contenidos mínimos imprescindibles que los alumnos deben seguir recordando tras su paso por el instituto, tanto si serán la base de estudios posteriores, como si deben constituir únicamente un conocimiento básico necesario acerca del funcionamiento de nuestro cuerpo y del resto de seres vivos.

En base a lo discutido previamente, los contenidos seleccionados para la preparación de los materiales de estudio y aprendizaje se encuentran recogidos y detallados en la tabla 2.

I CONCEPTOS CENTRALES
Introducción al metabolismo (Punto I 1.)
• ¿Qué es el metabolismo? (*Concepto de metabolismo y rutas metabólicas*) • Tipos de metabolismo (*Concepto de catabolismo y anabolismo*) • Elementos del metabolismo (*Enzimas, metabolitos, transportadores de electrones, moléculas con enlaces energéticos, moléculas ambientales extremas*)
Aspectos energéticos (Punto I 2.)
• Variaciones de energía (*Energía libre, reacciones exergónicas y endergónicas*) • Acoplamiento energético (*Concepto, papel del ATP*) • Reacciones redox (*Conceptos básicos*)
Enzimas (Punto I 3.)
• Modo de acción • Estructura (*holoenzima, apoenzima, coenzima…*) • Influencia pH y temperatura

Tipos de nutrición de los organismos (Punto I 4.)
• Fuente de carbono (*Autótrofos/heterótrofos*) • Fuente de electrones (*Litótrofos/organótrofos*) • Fuente de energía (*Fotótrofos/quimiótrofos*) • Aceptor de electrones (*Aerobios/anaerobios*)
II CATABOLISMO
Introducción al catabolismo (Punto II 1.)
• Descripción breve de los procesos e interacciones de las rutas a estudiar
• Diferencias principales entre las rutas aeróbicas y anaeróbicas
Rutas y procesos a estudiar
• Glucólisis (Punto II 2.) • Ciclo de Krebs (Punto II 3.) • Cadena de transporte electrónico (Punto II 4.) • Fosforilación oxidativa (Punto II 5.) • Fermentación etílica y láctica (Punto II 6. Y 7.) • β-oxidación (Punto II 8.)
Aspectos a trabajar en las rutas
• Función • Localización subcelular • Productos iniciales y finales. Balances energéticos • Enzimas y moléculas más relevantes (se presenta la ruta o ciclo completo, pero no se requiere memorización de cada metabolito o fase individual, únicamente los más importantes) • Organismos y procesos industriales relacionados con la fermentación
III ANABOLISMO
Introducción al anabolismo (Punto III 1.)
• Descripción breve de los procesos e interacciones de las rutas a estudiar
Rutas y procesos
• Fase luminosa de la fotosíntesis (fotofosforilación cíclica y no cíclica) (Punto III 2.) • Fase oscura fotosíntesis (Ciclo de Calvin, fotorrespiración, plantas C_4) (Punto III 3.) • Gluconeogénesis (Punto III 4.)
Aspectos a trabajar en las rutas
• Función e importancia biológica • Localización subcelular • Productos iniciales y finales. Balances energéticos • Enzimas y moléculas más relevantes (se presenta la ruta o ciclo completo, pero no requiere memorización de cada metabolito o fase individual, únicamente los más importantes) • Características pigmentos y fotosistemas • Factores que influyen en la fotosíntesis ($[O_2]$, luz…)
Quimiosíntesis (Punto III 5.)
• Concepto e importancia biológica • Tipos de organismos quimiosintéticos

Tabla 2: Contenidos seleccionados para la elaboración de los materiales de estudio. Fuente: elaboración propia realizada a partir del análisis de la legislación, libros de texto y las PAU.

5.2.2 ELABORACIÓN DE LOS MATERIALES DE ESTUDIO

Tanto en 2º de Bachillerato como en los demás niveles educativos, el docente no ha de limitarse a una exposición pasiva de los contenidos, sino que debe buscar un papel activo por parte del alumnado. Se requiere diseñar una metodología de enseñanza, con el uso de actividades y recursos adecuados, que favorezca al máximo la comprensión e integración de la materia. Sin embargo, también es importante que los estudiantes cuenten con unos materiales de estudio (libros de texto, apuntes, etc.) bien elaborados, que sean claros en la exposición de contenidos y concisos en la medida de lo posible. Esto es especialmente relevante en 2º de Bachillerato, ya que el alumnado que está preparando las PAU tendrá que volver a utilizar estos materiales incluso meses después del trabajo en clase de los contenidos. Un buen proceso de comprensión y aprendizaje durante la enseñanza de la materia favorecerá una correcta recuperación de los conocimientos en el momento necesario, pero también tendrá claros beneficios el uso de unos buenos materiales de estudio. En otro apartado se desarrollarán actividades que puedan guiar al alumnado en el proceso de aprendizaje del metabolismo, mientras que éste está centrado en la elaboración de los propios materiales de estudio.

Red jerárquica de contenidos frente a yuxtaposición de conceptos

El primer criterio seguido para la elaboración de los materiales es el de conseguir la construcción de unos conocimientos básicos de anclaje para el resto de conceptos e ideas, antes de profundizar en el resto del tema. De forma similar y como se expondrá más adelante, al comenzar en clase a trabajar con el metabolismo, los estudiantes realizarán una actividad para recuperar los contenidos relacionados con el metabolismo que ya han estudiado previamente (Actividad 0). El profesor puede hacer una gran labor a la hora de enseñar una unidad y explicar las relaciones entre los diferentes elementos, pero los libros de texto muchas veces presentan la información como una simple yuxtaposición de contenidos y conceptos. Respecto al metabolismo, es cierto que en ocasiones los libros contienen epígrafes o descripciones dedicados a explicar brevemente las interacciones entre los procesos metabólicos. Sin embargo, por la propia estructura y naturaleza de los libros de texto, los contenidos se presentan en unidades aisladas (unidad para introducción, para catabolismo y para anabolismo) en las que la información se va exponiendo secuencialmente en puntos separados, complicándose el establecer las interacciones entre los mismos (Figura 3A). El alumno puede no tener una visión de conjunto global del metabolismo hasta que no consigue dominar todos los aspectos. En muchas ocasiones, lo único que consigue el alumno es llegar a tener memorizados un conjunto

de conceptos aislados. Como hemos visto previamente, para que exista un aprendizaje significativo, el alumno ha de ser capaz de recodificar en su mente la nueva información, realizando las inferencias necesarias con sus conocimientos previos y dotando a los nuevos contenidos de pleno sentido. Lo que se pretende con esta propuesta didáctica es que el alumnado aprenda el metabolismo siguiendo una jerarquía de construcción de conocimientos. Comenzaría por establecer unos "conocimientos básicos", que consistirían en una visión global del metabolismo que incluiría solamente los aspectos elementales de conceptos, de los procesos y rutas y de sus interacciones. Una vez estos conocimientos básicos estén establecidos, se procedería a profundizar en cada uno de los elementos del metabolismo a trabajar, construyendo sobre lo aprendido anteriormente y sin perder la visión de conjunto (Figura 3B). En esta propuesta didáctica los diferentes contenidos sobre el metabolismo se reunirían en una única unidad didáctica mayor en la que habría una primera subdivisión de contenidos en "conceptos centrales", "catabolismo" y "anabolismo", lo que es similar a la distribución de unidades de los libros de texto, pero intentando presentarlas de forma más integrada.

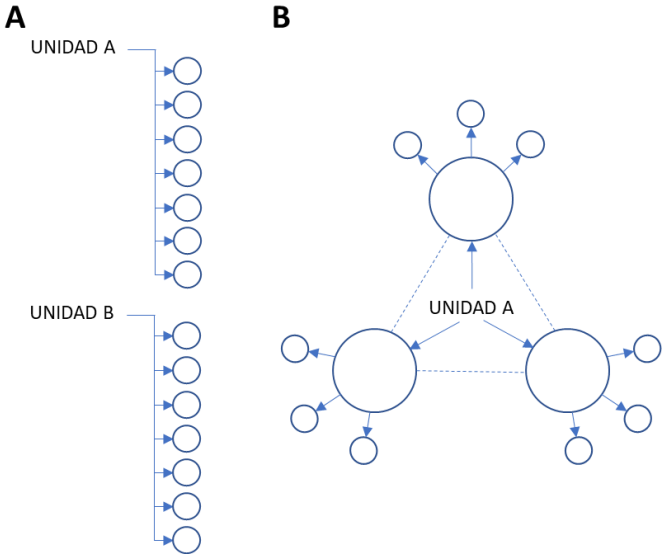


Figura 3: Modelos de presentación de contenidos. A) Yuxtaposicion de contenidos (libros de texto tradicionales). B) Red jerárquica de contenidos. Fuente: elaboración propia.

Como se ha explicado anteriormente, proporcionar una buena visión de conjunto de la materia a tratar, de forma clara y accesible, es uno de los puntos importantes de los materiales desarrollados. Al estudiante puede serle de gran utilidad el contar con una visión resumida de los contenidos con los que va a trabajar. Esto puede ayudarle a organizar mentalmente lo que va aprendiendo, donde se sitúa respecto a los contenidos en cada momento y cuáles son las metas que ha de perseguir. El primer material desarrollado en esta propuesta sería un primer documento breve que recogería una descripción sencilla de los contenidos a tratar, su

organización y los objetivos de aprendizaje que los alumnos deben cumplir (haciendo también referencia directa al tipo de cuestiones que con más probabilidad encontrarán en las PAU) (Anexo IV). El diseño y los aspectos formales del material principal que utilizará el alumnado durante el aprendizaje se detalla más adelante.

Características de diseño del material de estudio

La primera característica de estos materiales es su estructura, la cual solo es posible mediante el uso de plataformas digitales. Aunque una versión de estos materiales será adaptada a su impresión para ser utilizada como un libro de texto habitual (Anexo VI), el máximo provecho de su diseño se obtiene mediante el uso de dispositivos digitales. Los contenidos son presentados en una serie de hojas similares a las diapositivas digitales habituales, conectadas mediante hipervínculos. La primera de las hojas contiene una visión global de todos los contenidos de la unidad ("Mapa General" de la unidad), desde la que el estudiante puede acceder a toda la información. Para estos materiales solo existen dos niveles jerárquicos de hojas, el "Mapa General" (Figura 4A) y las hojas de contenidos (Figura 4B), de forma que se mantenga al máximo la simplicidad del documento. Desde las propias hojas de contenidos el estudiante puede acceder a otras hojas relacionadas (por ejemplo, desde la glucólisis al ciclo de Krebs) o de nuevo al Mapa General. Un tipo especial de hojas de contenido que se explicarán más adelante son los puntos de "Introducción" al comienzo de los subapartados de "I Conceptos Centrales", "II Catabolismo" y "III Anabolismo".

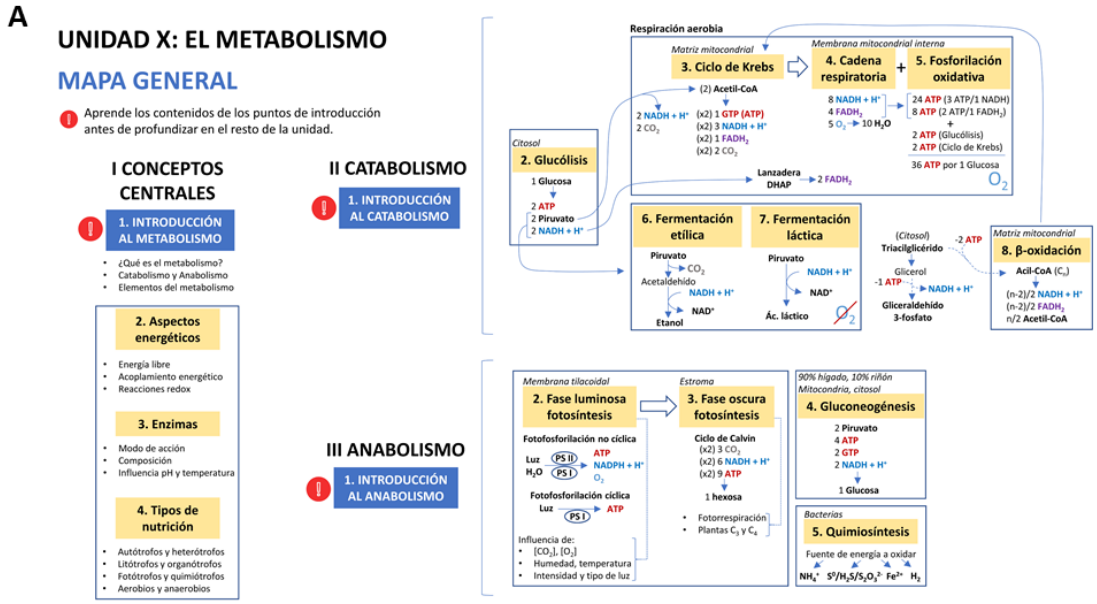
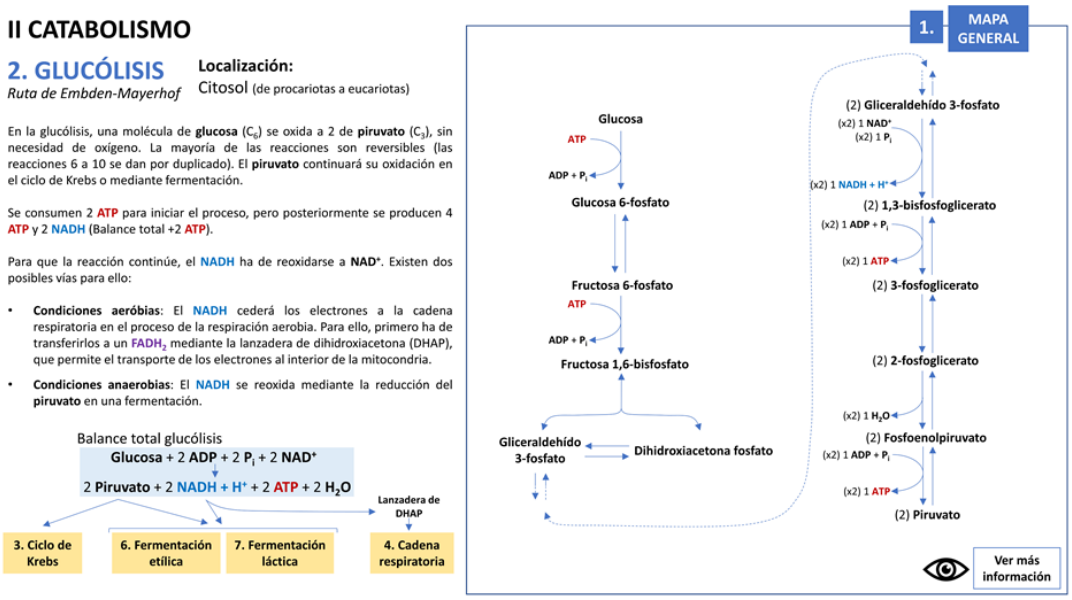


Figura 4: Materiales de estudio. A) Mapa General de la Unidad. Fuente: elaboración propia.

B



C

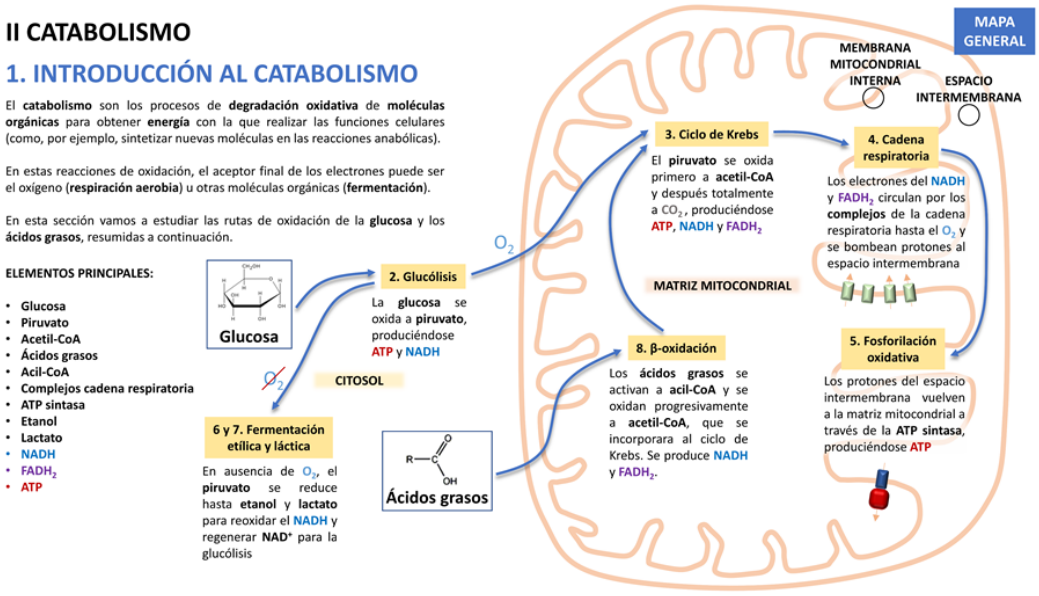


Figura 4 (continuación): Materiales de estudio. B) Ejemplo de hoja de profundización de contenidos. C) Hoja de "Introducción" para el aprendizaje de los conceptos básicos antes de profundizar en el resto de contenidos. Fuente: elaboración propia.

Esta estructura permite al alumnado acceder a todos los contenidos de la unidad de forma más rápida e intuitiva que en un libro de texto convencional. La hoja de "Mapa General" de la unidad tiene una triple utilidad. Por un lado, permite al alumnado tener una buena perspectiva de todos los contenidos de la unidad, de forma que pueda realizar una rápida reflexión y discriminación de que contenidos ya ha dominado con claridad y en cuales ha de realizar un mayor esfuerzo. Por otro lado, orienta al alumnado sobre las relaciones de jerarquía y relevancia de los contenidos. Los "conocimientos básicos de anclaje" que el alumnado ha de

establecer antes de profundizar en el resto de contenidos se encontrarán detallados en los puntos “Introducción al metabolismo”, “Introducción al catabolismo” e “Introducción al anabolismo” (Figura 4C), por lo que son estos los primeros puntos a los que deben acudir los estudiantes. Por último, el “Mapa General” no es un mero índice jerárquico de la unidad; el propio mapa ya contiene de forma compacta información acerca de las interacciones entre las rutas metabólicas, su localización subcelular, los productos iniciales y finales y balances energéticos. Esta última característica es posible por la propia naturaleza de los contenidos sobre metabolismo, siendo quizá más difícil de desarrollar para otras unidades con contenidos diferentes dentro del temario de Biología de 2º de Bachillerato.

En la preparación de los materiales también se han seguido otros criterios de optimización para el aprendizaje, si bien es cierto que se trata de criterios más subjetivos cuya validez es de más difícil evaluación. Durante la revisión de los contenidos presentes en los libros de texto, en ocasiones se encontró lo que podrían ser posibles problemas a corregir. Algunos solo estaban presentes puntualmente, pero han de ser tenidos en cuenta, a saber:

- Redacción del texto con un estilo demasiado “literario”, en lugar de abogar por la claridad y sencillez en la exposición. Un vocabulario más complejo del realmente necesario también dificulta la comprensión para alumnos extranjeros en una realidad cada vez más multicultural.
- Repeticiones y/o fragmentación en la exposición de una idea o concepto en diferentes localizaciones del texto bajo redacciones y aproximaciones diferentes (por ejemplo, las características y funciones del ATP relacionadas con el metabolismo aparecen en algunos casos de forma fragmentada en diferentes puntos de una unidad).
- Contenidos gráficos (figuras, esquemas, etc.) poco claros en los que el estudiante ha de invertir más tiempo del recomendable en decodificar la información presentada. También se da en ocasiones un exceso de elementos estéticos superfluos que enmascaran la información relevante. Se ha comprobado que un exceso de estímulos visuales innecesarios (colores, formas, etc.) puede captar la atención del estudiante más de lo debido, restando recursos cognitivos necesarios para una correcta comprensión.
- Inconexión entre los contenidos expuestos o poca claridad en la explicación de sus interacciones.
- Algunos conceptos o ideas críticos para la comprensión del metabolismo no reciben el tratamiento y la atención adecuados (por ejemplo, las diferencias en la energía almacenada en los enlaces de las moléculas sintetizadas por anabolismo y las moléculas resultantes tras su degradación en el catabolismo).

Con el fin de corregir algunos de los problemas anteriores, se ha recurrido a la máxima concisión y claridad posible a la hora de redactar los contenidos, evitando redundancias, pero tratando de garantizar su adecuada comprensión. Todas las rutas metabólicas presentadas siguen un diseño homogéneo y agrupan con claridad elementos implicados (metabolitos,

enzimas, etc.), tipos de reacción y representaciones moleculares, de forma que el alumno tenga toda esta información en un mismo lugar y no tenga que buscarla repartida entre esquemas, tablas y texto (como ocurre con frecuencia en los libros de texto). Sin embargo, las rutas se presentan, en primer lugar, únicamente con información elemental, y el resto de detalles está a disposición del alumno cuando necesite acceder a ellos. Siguiendo la estrategia de jerarquización de contenidos, se pretende que el estudiante se familiarice con los aspectos más generales de las rutas metabólicas, para reconocerlas y entenderlas, antes de entrar en detalles más específicos. En cuanto a los aspectos estéticos y de forma, se ha recurrido a un esquema de colores, distribución y formas que aboga por la claridad y la sencillez. Se ha eliminado cualquier tipo de elemento estético superfluo y cada variación de color, fuente o forma utilizada está pensada para mejorar la presentación y claridad de los contenidos. Obviamente el diseño estético tiene un carácter subjetivo, pero el objetivo es que cada estímulo visual recibido por el estudiante aporte algún tipo de información relevante.

5.2.3 PLATAFORMAS PARA LOS MATERIALES DE ESTUDIO

Para el aprovechamiento en versión digital de los materiales desarrollados se han considerado diferentes plataformas. Para aquellos estudiantes que puedan tener algún problema de acceso a internet, los materiales pueden distribuirse en formato PDF o PowerPoint. Ambos permiten conservar la característica esencial de estructura en forma de "Mapa General" y hojas de contenidos, al mismo tiempo que también permiten mantener el sistema de hipervínculos para facilitar la navegación.

Como opción principal para la presentación de los materiales se ha optado por utilizar la herramienta Genially (https://genial.ly/es). Se trata de una herramienta online para la creación de una gran variedad de contenido interactivo, como diferentes tipos de infografías, presentaciones o juegos. Las características básicas gratuitas de la plataforma son más que suficientes para desarrollar materiales atractivos para los estudiantes y permiten la integración en un mismo lugar de una gran cantidad de recursos (enlaces, animaciones, audios, etc.). Aunque para la unidad de metabolismo solo se han utilizado unas pocas características, el potencial para el desarrollo de materiales para otras unidades distintas es muy significativo. El material de estudio desarrollado para este TFM puede encontrarse en el siguiente enlace:

https://view.genial.ly/611684846e02be0dce98dfc6/interactive-image-metabolismo-2o-bachillerato-pablo-calap

5.3 DISEÑO DE ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

A la hora de diseñar las actividades para el aprendizaje del metabolismo, hay que seguir una serie de consideraciones importantes. No han de ser únicamente una herramienta para la comprensión e integración de los contenidos relacionados con el metabolismo. Como aparece en el artículo 2 del capítulo I del RD 1105/2014, los contenidos que deben aprender los alumnos son, de forma algo más general, "el conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que contribuyen al logro de los objetivos de cada enseñanza y etapa educativa y a la adquisición de competencias". Estas competencias de las que se habla aparecen también descritas en el mismo artículo como "capacidades para aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa, con el fin de lograr la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas complejos". Las competencias a desarrollar son las siguientes:

a) Comunicación lingüística (CCL).
b) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT).
c) Competencia digital (CD).
d) Competencia aprender a aprender (CAA).
e) Competencias sociales y cívicas (CSC).
f) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE).
g) Conciencia y expresiones culturales (CEC).

Las propias competencias aparecen descritas más en detalle en la 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.

En el RD 1105/2014 también se indica que se deberían diseñar actividades que permitan desarrollar más de una competencia al mismo tiempo, y que debe potenciarse especialmente el desarrollo de las competencias CL y CMCT. Es por ello que, al diseñar las actividades para el aprendizaje del metabolismo, se intenta al mismo tiempo potenciar el desarrollo de las competencias indicadas en la medida de lo posible.

5.3.1 ACTIVIDAD DE INICIO

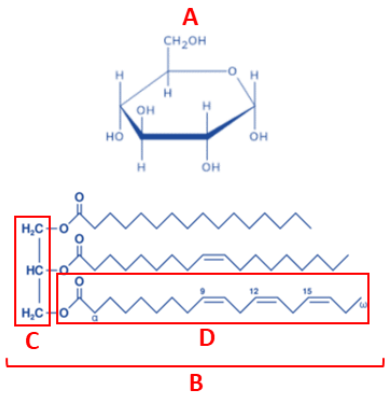
Cuando el alumnado llega a la parte de metabolismo de 2º de Bachillerato, hay algunos contenidos básicos relacionados con el tema que ya han sido trabajados anteriormente, ya sea durante ese curso académico o en cursos anteriores. Entre estos conocimientos previos que los estudiantes deberían tener, podemos encontrar los siguientes:

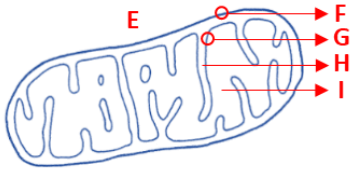
- Conceptos básicos de organismos autótrofos y heterótrofos.
- Estructura y función básica de orgánulos como la mitocondria y el cloroplasto.
- Función biológica de la fotosíntesis y detalles básicos de sus fases.
- Significado básico de la respiración a nivel celular y molecular.
- Tipos, estructura y funciones básicas de las biomoléculas.

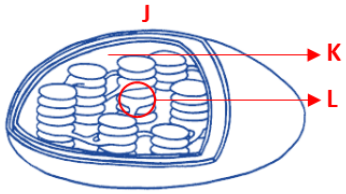
La primera actividad, que se realizará al comienzo de la unidad de metabolismo (Actividad 0, Figura 5), tendrá por objetivo que el alumnado recupere estos conocimientos previos relacionados con el tema. Por ello, en esta actividad solo se les pregunta a los estudiantes por estos contenidos anteriores. Esto ayudará al profesor a evaluar el estado de la clase respecto a dichos conocimientos previos, para poder corregir posibles deficiencias o concepciones erróneas, antes de entrar completamente en la unidad. La actividad se realizará y corregirá en la propia aula al comienzo de la primera sesión. Como se vio en el apartado sobre aprendizaje de conceptos e ideas del marco teórico, una de las prácticas que más beneficia al almacenamiento de información es la de la recuperación. Por ello, los estudiantes deberán realizar la actividad sin ayuda del libro de texto u otros materiales, intentando recuperar la información de su memoria. Para la corrección de la actividad, diferentes alumnos (voluntarios o al azar) compartirán sus respuestas con la clase. Se espera que con esta actividad se trabaje la competencia CMCT. Esta actividad no se calificará.

Actividad 0:

Relaciona los elementos de la columna de la izquierda con los de la derecha. Puede haber más de una asociación en algún caso.







M – Organismo autótrofo

N – Organismo heterótrofo

O – Fotosíntesis (global)

P – Fase luminosa de la fotosíntesis

Q – Fase oscura de la fotosíntesis

R – Respiración celular

1 - Membrana mitocondrial interna

2 - Función de protección térmica y de reserva de energía

3 - Se absorbe la luz solar, se produce energía como ATP y se libera O_2

4 - La glucosa se oxida en presencia de oxígeno a CO_2 y agua y se libera energía como ATP

5 - Obtiene el carbono para sintetizar sus propias moléculas a partir de moléculas orgánicas más sencillas

6 - Glucosa

7 - Ácido graso

8 - Membrana mitocondrial externa

9 - Triglicérido

10 - Función de reserva energética en forma de glucagón

11 - Se asimila el CO_2 atmosférico y se sintetizan moléculas orgánicas sencillas

12 - Cloroplasto

13 - Obtiene el carbono para sintetizar sus moléculas del CO_2 atmosférico

14 - Mitocondria

15 - Transforma materia inorgánica en materia orgánica, siendo critico para la vida en la tierra

16 - Espacio intermembrana

17 - Tilacoides

18 - Monosacárido

19 - Matriz mitocondrial

20 - Estroma

21 - Glicerol

Figura 5: Actividad 0 (de inicio). Fuente: elaboración propia

5.3.2 ACTIVIDADES DE DESARROLLO DE LA UNIDAD

Actividad continua

La actividad de desarrollo 1 (Figura 6) pretende que los alumnos realicen un esfuerzo de comprensión, síntesis y exposición de los contenidos que se van tratando en cada clase. Antes de que finalice la sesión, el alumnado dispondrá de un tiempo de 5 a 10 minutos para realizar

las anotaciones que considere necesarias sobre la clase de ese día, aunque también puede tomar notas durante su desarrollo. Al comienzo de cada sesión de la unidad de metabolismo, tres alumnos expondrán a la clase, durante un máximo de 2 minutos, sus resúmenes sobre los contenidos e ideas más importantes de la clase anterior. Uno de los objetivos de esta actividad es el de fomentar el trabajo autónomo y responsable de estudiantes que, en muchos casos, continuarán su formación con estudios superiores. Por ello, los alumnos podrán exponer sus resúmenes de forma voluntaria el día que prefieran. No obstante, solo podrán hacerlo una vez hasta que el resto de compañeros también haya expuesto. En caso de que no haya voluntarios suficientes al comienzo de una sesión, los alumnos a exponer se seleccionaran al azar. Los primeros 10 a 15 min de cada sesión se dedicarán a estas exposiciones y a resolver posibles dudas o concepciones erróneas. De acuerdo con la pirámide de aprendizaje desarrollada por *National Training Laboratories for Applied Behavioral Sciences*, se sugiere que los estudiantes sólo retienen alrededor de un 5% de los materiales que se les presenta en una clase teórica tradicional. Sin embargo, la retención podría aumentar a un 90% si se les pide a los alumnos que hagan el esfuerzo de transmitir a otros lo que han aprendido, que es lo que se pretende con esta actividad.

Al comparar las exposiciones de tres alumnos diferentes, la actividad también permite al profesor detectar de forma temprana si algún aspecto de su enseñanza no ha sido efectivo y requiere alguna corrección. Estas exposiciones serán evaluadas y se espera que sirvan para desarrollar las competencias CMCT, CCL y CAA. Los alumnos deberán entregar al profesor los resúmenes de cada sesión al finalizar la unidad. La calificación de esta actividad tendrá un peso del 5 % sobre la calificación global de la unidad de metabolismo.

Actividad de desarrollo 1 (Continua):

Al final de cada clase tendrás **5-10 minutos** para escribir un pequeño borrador sobre lo que hemos trabajado ese día. Escribe un pequeño **resumen** bien redactado con las **ideas principales de la clase** y aquello que más te haya llamado la atención o te haya causado dudas. El resumen debe durar entre **1 y 2 minutos** al exponerlo en voz alta. Al principio de cada clase, **tres alumnos voluntarios o elegidos al azar** expondréis vuestros resúmenes al resto y resolveremos las dudas que aparezcan sobre la clase anterior.

Los resúmenes de cada sesión se entregarán al finalizar la unidad de metabolismo en un documento Word. Esta actividad tendrá un peso del 5 % en la calificación final de la unidad

Figura 6: Actividad de desarrollo 2. Fuente: elaboración propia.

Las vitaminas

Las vitaminas forman parte los contenidos establecidos por la legislación que han de ser tratados en relación al metabolismo. Sin embargo, en lugar de formar parte de los materiales de estudio o ser explicadas por el profesor, el papel de las vitaminas será tratado en la actividad de desarrollo 2 (Figura 7). Para esta actividad, se formarán grupos heterogéneos aleatorizados de 4 alumnos. Cada grupo deberá producir un video explicativo de entre 5 y 10 min en el que se expliquen los siguientes puntos con una extensión acorde al tiempo disponible: Concepto y función de las vitaminas, relación de las vitaminas con las enzimas y el metabolismo, tipos de vitaminas, y enfermedades asociadas a déficits o excesos de vitaminas. Las herramientas, métodos o plataformas para la producción del video serán decisión del grupo, pero podrán contar con el asesoramiento del profesor. Los trabajos serán evaluados y aquel que el profesor considere más adecuado será expuesto en clase en una de las sesiones y servirá como material de estudio para el resto de la clase, con las modificaciones que se estimen oportunas. Con esta actividad se espera que el alumnado trabaje las competencias CMCT, CCL, CAA, CSC y SIEE. La calificación de esta actividad tendrá un peso del 10 % sobre la calificación global de la unidad de metabolismo.

Actividad de desarrollo 2: LAS VITAMINAS

En grupos de **4 alumnos** seleccionados al azar, debéis elaborar un **video de entre 5 y 10 min** en el que expliquéis los siguientes puntos sobre las vitaminas:

- **¿Qué son la vitaminas?**
- **Relación de las vitaminas con las enzimas y el metabolismo**
- **Tipos de vitaminas**
- **Enfermedades asociadas a deficiencias y exceso de vitaminas**

La extensión de cada punto tiene que ajustarse a la duración del video, por lo que tendréis que hacer un esfuerzo de síntesis. El formato, las herramientas y el método que sigáis para producir el video es libre y depende de vuestra elección. Uno de los videos se proyectará en una de las sesiones y constituirá el material de estudio sobre las vitaminas. Los contenidos de cada video también tendrán que estar correctamente redactados en un documento Word. El trabajo realizado ha de entregarse antes de la semana anterior al examen de evaluación de la unidad.

Se valorará la calidad de la exposición y edición del video, que la información presentada sea correcta y cumpla con todos los puntos, y la correcta redacción del documento Word. La actividad tendrá un peso del 10 % sobre la calificación final de la unidad.

Figura 7: Actividad de desarrollo 2 (Las vitaminas). Fuente: elaboración propia

5.3.3 ACTIVIDADES DE RECAPITULACIÓN E INTEGRACIÓN

Al comienzo de la unidad de metabolismo, al alumnado se les repartirá un conjunto de 4 actividades de recapitulación e integración (Figuras 8, 9, 10 y 11). Como su nombre indica, estas actividades son un intento de agrupar los principales contenidos de la unidad de metabolismo y señalar las interacciones entre los mismos. Están basadas en el estilo de preguntas que los estudiantes encontrarán en las PAU, pero de forma más condensada y completa. La actividad 1 consiste en completar un esquema en el que se muestran las interacciones entre los procesos estudiados. En la actividad 2, los alumnos contestarán a una serie de cuestiones cortas sobre los conceptos estudiados. En la actividad 3 se completará una tabla con la localización, reactivos y productos de los procesos estudiados. En la actividad 4, los estudiantes deberán reconocer y completar los esquemas de las rutas metabólicas. Con estas actividades se pretende que los alumnos se acostumbren a la forma en que serán evaluados, al mismo tiempo que vuelven a examinar y consolidar los contenidos tratados en todas las sesiones sobre el metabolismo. Debido a las limitaciones en el número de sesiones disponibles, los alumnos resolverán las cuestiones fuera del horario lectivo. No obstante, se les explicará con claridad los beneficios que tiene para su aprendizaje la práctica de la recuperación y relectura de información, y se les indicará cómo utilizarla. Los estudiantes tendrán libertad para ir resolviendo las actividades al ritmo que deseen, pero se les insistirá en que intenten hacerlo recurriendo únicamente a su memoria, y que solo después de responder a las cuestiones, vuelvan a revisar el material de estudio. Preferiblemente, deberían intentar resolver de nuevo las cuestiones incompletas en días diferentes a los utilizados para revisar el material de estudio. Las actividades serán corregidas en una sesión al finalizar la unidad. Para la corrección, los alumnos irán compartiendo sus respuestas con la clase. La asignación de cada punto de las actividades a los alumnos será aleatoria, pero distribuida de forma que cada alumno conteste al menos una vez. Las actividades serán evaluadas y el profesor comprobará que se han realizado al comienzo de la sesión de corrección. Se pretende que los alumnos desarrollen las competencias CMCT, CAA y CCL. La calificación de esta actividad tendrá un peso del 5 % sobre la calificación global de la unidad de metabolismo.

Actividad Recapitulación e Integración 1:

A) Relaciona los siguientes procesos con las letras del esquema: Fermentación, gluconeogénesis, fase oscura de la fotosíntesis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fase luminosa de la fotosíntesis, respiración celular aerobia, glucólisis, fosforilación oxidativa. **B)** ¿En que condiciones ocurren los procesos englobados en H y el proceso I?

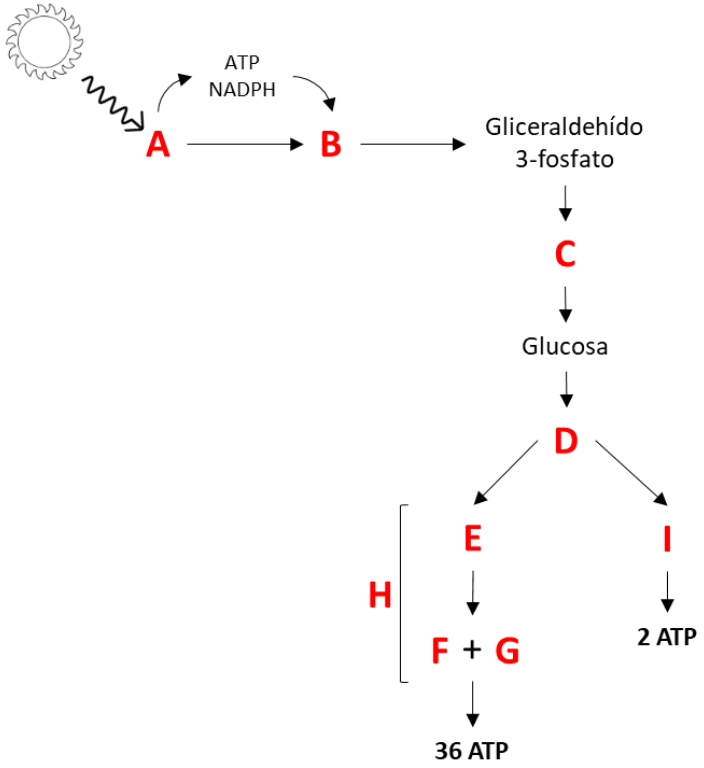


Figura 8: Actividad de recapitulación e integración 1. Fuente: elaboración propia.

Actividad Recapitulación e Integración 2:

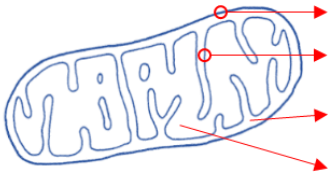
A) Define catabolismo y anabolismo.
B) Explica la relación entre la diferencia del potencial de reducción de reactivos y productos en las reacciones de oxidación del catabolismo y la energía liberada en el proceso.
C) Describe la estructura química del ATP y comenta su papel en el metabolismo.
D) Explica qué es una enzima y su modo de acción.
E) Define "centro activo", "apoenzima", "cofactor" y "coenzima". Cita dos ejemplos de cofactores.
F) Explica la influencia del pH y la temperatura en la actividad enzimática.
G) Define organismo aerobio y anaerobio.
H) Nombra y explica la clasificación de los seres vivos según su forma de obtener carbono y la fuente de energía que utilizan en su metabolismo.
I) Nombra usos industriales de la fermentación etílica y láctica y algún organismo relevante en los mismos.
J) Explica la importancia de la fotosíntesis en el mantenimiento de la vida en la tierra.
K) Explica el papel de la luz y el agua en la fotosíntesis.
L) Explica que es un fotosistema y que partes lo forman.
M) Explica como se genera el ATP durante la fotosíntesis.
N) Nombra las fases del ciclo de Calvin y señala la enzima que inicia el ciclo.
O) Explica la diferencia entre fotosíntesis y quimiosíntesis.
P) ….OTRAS PREGUNTAS RELEVANTES SOBRE LA MATERIA

Figura 9: Actividad de recapitulación e integración 2. Fuente: elaboración propia.

Actividad Recapitulación e Integración 3:

A) Completa la siguiente tabla con la localización subcelular y los reactivos y productos al inicio y final de estos procesos. **B)** Escribe el nombre de las estructuras señaladas en las figuras inferiores.

Proceso	Localización	Reactivos	Productos
Glucólisis			
Descarboxilación del piruvato			
Ciclo de Krebs			
Cadena respiratoria + Fosforilación oxidativa			
β-oxidación			
Fermentación etílica			
Fermentación láctica			
Fase luminosa fotosíntesis			
Ciclo de Calvin			



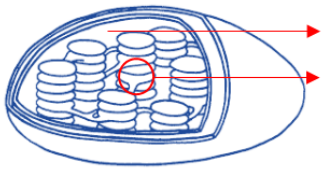


Figura 10: Actividad de recapitulación e integración 3. Fuente: elaboración propia.

Actividad Recapitulación e Integración 4:

Identifica los siguientes procesos y completa los cuadros con los siguientes elementos: ADP, ATP, NAD^+, NADH, $NADP^+$, NADPH, FAD, $FADH_2$, CO_2, H_2O, O_2, H^+.

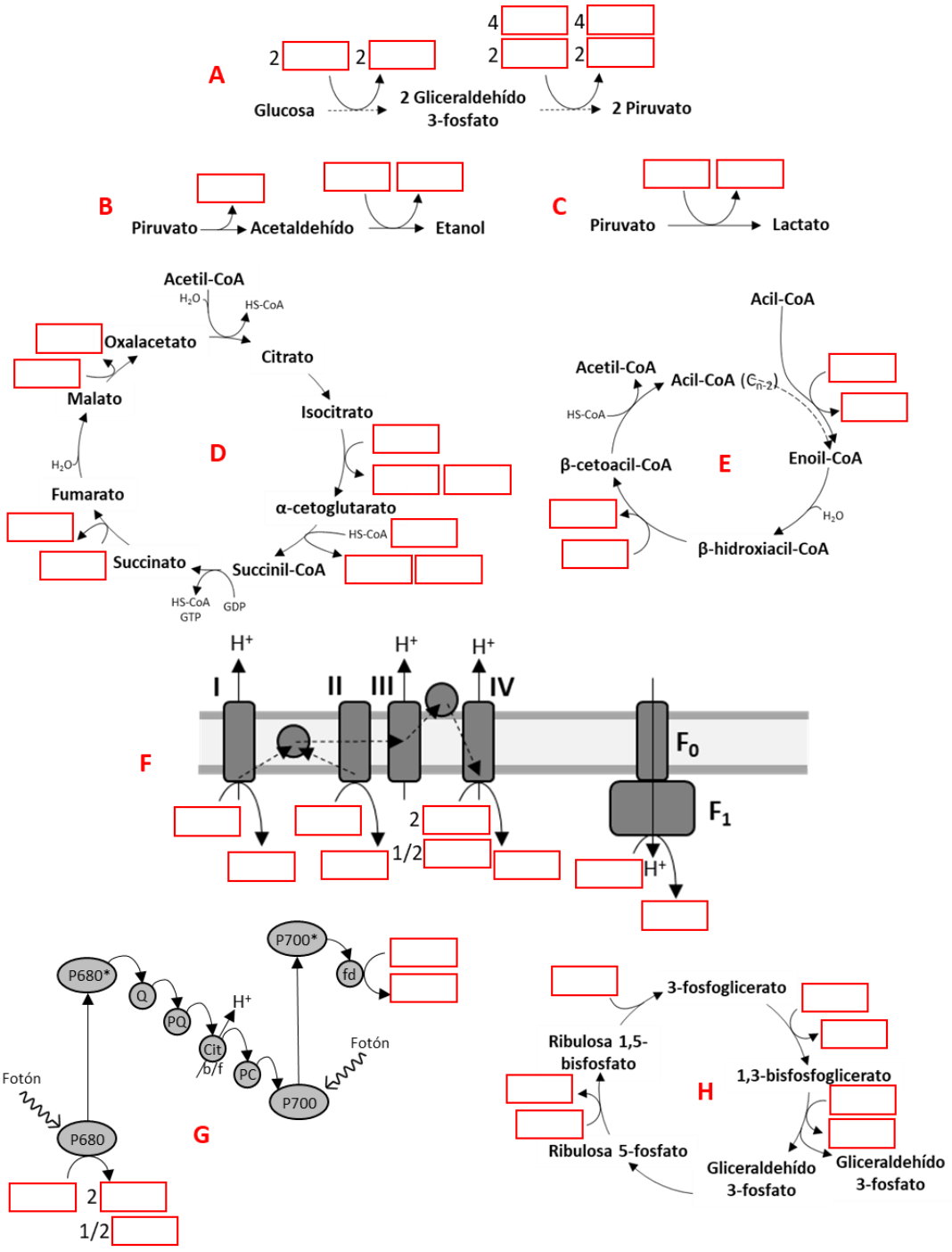


Figura 11: Actividad de recapitulación e integración 4. Fuente: elaboración propia.

5.3.4 ACTIVIDAD FINAL DE EVALUACIÓN

Al finalizar la unidad de metabolismo, los alumnos realizarán un examen de evaluación final. Este examen será similar al tipo de preguntas que los alumnos encontrarán en las PAU. El examen constará de 4 partes basadas en las actividades de recapitulación e integración, pero con diferencias en la formulación y otros detalles:

- Parte 1: Completar un esquema de interacción de los diferentes procesos estudiados similar al de la actividad de recapitulación e integración 1.
- Parte 2: Completar cuatro cuestiones extraídas de las que aparecen en la actividad de recapitulación e integración 2.
- Parte 3: Completar la actividad de recapitulación e integración 3 de forma completa o solo para algunos procesos.
- Parte 4: Reconocer y completar uno o dos esquemas de las rutas metabólicas que aparecen en la actividad de recapitulación e integración 4.

Se generarán dos modelos de examen para cada clase y la calificación obtenida supondrá un peso del 80 % sobre la calificación global de la unidad de metabolismo.

5.4 EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE METABOLISMO

Para la evaluación de la unidad de metabolismo se ha seguido el siguiente criterio, para una calificación global máxima de 10:

- Actividad de desarrollo 1: 5% (hasta 0,5 puntos)
- Actividad de desarrollo 2: 10 % (hasta 1 punto)
- Actividades de recapitulación e integración: 5% (hasta 0,5 puntos)
- Actividad final de evaluación (examen): 80 % (hasta 8 puntos)

Todas las actividades son obligatorias y están diseñadas para cumplir con los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables del Real Decreto 1105/2014 y del Decreto 87/2015. La actividad de desarrollo 1 (hasta 0,5 puntos) se evaluará de acuerdo a la siguiente rúbrica:

Criterio de evaluación	Grado de consecución		
	Excelente	Suficiente	Insuficiente
Exposición pública del resumen	Expresa con claridad y concisión las ideas de la clase anterior y se ciñe al tiempo establecido (0,25 pts.)	No se expresa con claridad, la información presentada es incorrecta o no se ciñe al tiempo establecido (0,15 pts.)	No ha realizado el resumen la sesión que ha sido seleccionado para exponer (0 pts.)

Resúmenes entregados al final de la unidad	Se han entregado los resúmenes de todas las sesiones y la calidad general de los mismos es suficiente (0,25 pts.)	Calidad de la redacción claramente mejorable, errores abundantes en la información presentada o ausencia del resumen de alguna sesión (0,15 pts.)	No ha entregado los resúmenes (0 pts.)

Tabla 3: Rúbrica de evaluación de la actividad de desarrollo 1. Fuente: elaboración propia.

La actividad de desarrollo 2 sobre las vitaminas (hasta 1 punto) se evaluará de acuerdo a la siguiente rúbrica:

Criterio de evaluación	Grado de consecución		
	Excelente	**Suficiente**	**Insuficiente**
Calidad del video	La calidad de imagen y sonido es adecuada. La estructura y modo de presentación del video son claras y se transmite de forma efectiva la información. La duración del video se ciñe a lo establecido. (0,3 pts.)	Poca claridad en la exposición o aspectos técnicos mejorables (dentro de las posibilidades de los alumnos). La duración del video está excesivamente alejada de lo establecido. (0,2 pts.)	El video ha sido entregado fuera de plazo. (0,1 pts)
Información presentada	La información expuesta abarca todos los puntos y es correcta. Indica correctamente las fuentes de origen. La extensión y profundidad de la información es adecuada a la duración del video. (0,4 pts)	Información incompleta o incorrecta. No se citan correctamente las fuentes utilizadas. (0,2 pts.)	Video o documento escrito entregados fuera de plazo. (0,1 pts)
Documento escrito	La redacción es clara y contiene de forma adecuada la información expuesta en el video. (0,3 pts)	Redacción claramente mejorable o contenidos no acordes a la información expuesta en el video. (0,2 pts)	El documento ha sido entregado fuera de plazo. (0,1 pts)

Tabla 4: Rúbrica de evaluación de la actividad de desarrollo 2. Fuente: elaboración propia.

En el caso de las actividades de recapitulación e integración, se valorarán con 0,5 puntos si se han completado todas antes de la sesión de corrección, con 0,25 puntos si falta una actividad, o con 0 puntos si no se han realizado o faltan dos o más.

El examen se valorará sobre 8 puntos, 2 para cada una de las cuatro partes, a repartir entre el número de ítems que los alumnos han de responder correctamente.

5.5 TEMPORALIZACIÓN DE LA UNIDAD

La unidad de metabolismo se tratará en un total de 10 sesiones de 55 min, a razón de 3 sesiones por semana (Tabla 5). Durante el desarrollo de la unidad, se irán realizando las actividades ya descritas. Como también se ha expuesto previamente, al comienzo de la explicación de cada uno de los bloques principales ("I Conceptos centrales", "II Catabolismo" y "III Anabolismo"), se trabajarán los puntos de Introducción ("I 1", "II 1" y "III 3"). Éstos han de recibir la máxima atención posible por parte del profesor para garantizar su comprensión por parte de los alumnos, ya que constituyen la base sobre la que anclar y construir el resto de contenidos de la unidad. Al margen de la realización de las actividades, el docente deberá buscar la máxima implicación posible por parte del alumnado, intentando que las explicaciones de la materia se asemejen más a un dialogo guiado que a una simple exposición de los contenidos. Su función también consistirá en intentar que sean los propios alumnos los que vayan realizando las inferencias necesarias entre los propios contenidos del metabolismo, otros conceptos relacionados de la asignatura y los conocimientos que ya poseen los estudiantes.

Sesión 1	Entrega de todas las actividades a los alumnos. Explicación de las actividades y de la estructura de la unidad. Realización de la actividad 0. Corrección de la actividad de inicio y resolución de dudas y concepciones previas erróneas. Comienzo de la realización de la actividad de desarrollo 1 con el tiempo final para el resumen.
Sesión 2	Explicación de los puntos I 1 y I 2 de la unidad. Actividad de desarrollo 1.
Sesión 3	Explicación de los puntos I 3 y I 4 de la unidad. Actividad de desarrollo 1.
Sesión 4	Explicación de los puntos II 1 y II 2 de la unidad. Actividad de desarrollo 1.
Sesión 5	Explicación de los puntos II 3, II 4 y II 5 de la unidad. Actividad de desarrollo 1.
Sesión 6	Explicación de los puntos II 6, II 7 y II 8 de la unidad. Actividad de desarrollo 1.
Sesión 7	Explicación de los puntos III 1 y III 2 de la unidad. Actividad de desarrollo 1. Fecha de entrega de la actividad de desarrollo 2 sobre las vitaminas.
Sesión 8	Explicación de los puntos III 3, III 4 y III 5 de la unidad. Actividad de desarrollo 1.
Sesión 9	Última exposición de los resúmenes de la actividad de desarrollo 1. Corrección de las actividades de recapitulación e integración.
Sesión 10	Realización del examen de evaluación final.

Tabla 5: Temporalización de la unidad de metabolismo. Fuente: elaboración propia.

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este trabajo de TFM se ha desarrollado una propuesta didáctica que trata de dar solución a los problemas planteados en el punto 2: los estudiantes de 2º de Bachillerato suelen encontrar dificultades para aprender los contenidos relacionados con el tema de metabolismo debido a la complejidad del mismo. Para ello, en primer lugar, se ha realizado una revisión de cuáles son los contenidos concretos que deben aprender los estudiantes, atendiendo a lo que indica la legislación vigente, lo que se suele enseñar por medio de los libros de texto habituales y el tipo de cuestiones con que serán evaluados en las pruebas de acceso a la universidad. Un primer paso para un aprendizaje más efectivo es no sobrecargar a los estudiantes de información, sino trabajar adecuadamente aquella que realmente necesitan aprender.

Como ya tratan de hacer muchos profesores en el ámbito educativo (Rodríguez, 2008; Olmedo y Farrerons, 2017), para diseñar la unidad de metabolismo se ha trabajado desde una perspectiva constructivista y del conocimiento actual sobre cómo tiene lugar el proceso de aprendizaje. Así, en las actividades propuestas, se ha tenido en cuenta que la formación del conocimiento es un fenómeno de construcción cognitiva en el que el sujeto tiene un papel activo principal, y que los conocimientos previos tienen una función clave para la comprensión y aprendizaje de nuevos elementos. De forma similar, se han elaborado materiales de estudio que pretenden conseguir una transmisión más efectiva de los contenidos, organizando estos de forma jerárquica para que unos conocimientos básicos centrales actúen de pieza de anclaje para el resto de puntos de la unidad. Además, los materiales están diseñados siguiendo numerosos criterios para favorecer su claridad de exposición y facilitar la comprensión por parte de los estudiantes. El uso de plataformas digitales también permite una facilidad de navegación e integración de las diferentes partes de la unidad que no es posible con libros de texto tradicionales.

Como se indica en el punto 5.2.3, el material desarrollado puede encontrarse en el siguiente enlace:

https://view.genial.ly/611684846e02be0dce98dfc6/interactive-image-metabolismo-2o-bachillerato-pablo-calap

Tras la realización del presente TFM, podríamos destacar las siguientes conclusiones basadas en los objetivos propuestos:

1. Existen en nuestro país notables deficiencias documentadas en el ámbito de la enseñanza de las ciencias. Específicamente, los alumnos de Biología de 2º de Bachillerato suelen encontrar mayores dificultadas en el aprendizaje del metabolismo, en comparación con otros aspectos de la asignatura.

2. El marco teórico con mayor aceptación en la educación, el constructivismo, proporciona numerosas propuestas, conceptos y herramientas para diseñar metodologías de enseñanza y aprendizaje que resulten más eficaces que las anteriores tradicionales de simple transmisión-recepción de información.

3. Los recursos digitales, a los que en la actualidad tienen acceso la inmensa mayoría de los estudiantes, permiten diseñar actividades y materiales de estudio con una enorme flexibilidad y variedad de características, estando limitados casi exclusivamente por la creatividad de los docentes.

4. Se ha desarrollado una propuesta de unidad didáctica para mejorar el aprendizaje de los contenidos relacionados con el metabolismo de Biología de 2º de Bachillerato. El diseño de la misma está basado en la perspectiva constructivista y en conocimientos actuales sobre el proceso del aprendizaje. Sin embargo, para comprobar la eficacia de la propuesta, ésta se debe implementar y realizar una evaluación de los resultados producidos.

7. LIMITACIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

El trabajo aquí desarrollado continúa siendo una propuesta cuya validez ha de demostrarse. La idea para la realización de este TFM surgió durante el periodo de prácticas del Master, tras comprobar de primera mano las dificultades que tuvieron los estudiantes con las unidades de metabolismo que acababan de terminar de trabajar. Esta propuesta, por tanto, no podía ser probada durante dicho periodo de prácticas, sino que ha sido desarrollada posteriormente. La implementación de esta unidad didáctica y su evaluación son necesarias para comprobar la validez y eficacia de las actividades y materiales aquí propuestos. Sin embargo, esto escapa a los objetivos del presente TFM. Este trabajo pretende constituir el punto de partida de un proceso de investigación y desarrollo de una metodología docente propia. Para comprobar la validez de esta metodología y de los materiales desarrollados se requerirá una amplia muestra, comparando si es posible diversos institutos y promociones y diversas metodologías con la propuesta presentada. Por tanto, una evidente propuesta de mejora para este TFM es el diseño de las condiciones experimentales adecuadas que permitan comprobar si la implementación de esta unidad didáctica ofrece resultados significativamente positivos en el aprendizaje del metabolismo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cantó, J. R., De Pro, A., y Solbes, J. (2016). ¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 34 (3), 25-50. http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1870

Carbonell, J. (2002). La aventura de innovar: El cambio en la escuela. Madrid: Ed. Morata.

Carver, S., Roth, E., Cowan, N.J. y Fortune, E.S. (2008). Synaptic plasticity can produce and enhance direction selectivity. *PLoS Computational Biology*, 4 (2), e32. http://doi.org/10.1371/journal.pcbi.0040032

Chung, S., Li, X. y Nelson, S.B. (2002). Short-Term Depression at Thalamocortical Synapses Contributes to Rapid Adaptation of Cortical Sensory Responses In Vivo. *Cell*, 34 (3), 437-446. http://doi.org/10.1016/s0896-6273(02)00659-1

Citri, A., Malenka, R.C. (2008). Synaptic plasticity: multiple forms, functions, and mechanisms. *Neuropsychopharmacology*, 33 (1), 18-41. http://doi.org/10.1038/sj.npp.1301559

Coll, C., y Martín, E. (2006). *Vigencia del debate curricular. Aprendizajes básicos, competencias y estándares*. Trabajo presentado en la II Reunión del Comité Intergubernamental del Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe (PREALC). Santiago de Chile. Recuperado de http://comunidad.psyed.edu.es/file/view/13968/coll-y-martin-2006-vigencia-del-debate-curricular

Decreto 87/2015, de 5 de junio, del Consell, por el que establece el currículo y desarrolla la ordenación general de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunitat Valenciana. Diari Oficial de la Generalitat Valenciana, núm. 7544, 10 de junio de 2015, 17437-18582. Recuperado de https://ceice.gva.es/va/web/ordenacion-academica/secundaria/curriculo

Echazarra, A. (2018). How has Internet use changed between 2012 and 2015? PISA in Focus No. 83. *OECD Publishing*. https://doi.org/10.1787/1e912a10-en

Hernandez, G., (2008). Los constructivismos y sus implicaciones para la educación. *Perfiles Educativos*, 30 (122), 38-77. Recuperado de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13211181003

Hernández, S y Caurin, C. (2020). Gestión de conflictos en Contextos educativos e Integración Familia-Escuela. Madrid: Sotec

Huiyong, F., Jianzhong, X., Zhihui, C., Jinbo, H., y Xitao, F. (2017). Homework and student's achievement in math and science: a 30-year meta-analysis, 1986-2015. *Educational Research Review*, 35-54. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.003

Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE). Boletín Oficial del Estado, núm. 106, de 4 de mayo de 2006, 17158-17207. Recuperado de https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, núm. 340, de 30 de diciembre de 2020, 122868-122953. Recuperado de https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE). Boletín Oficial del Estado, núm. 295, de 10 de diciembre de 2013, 97858-97921. Recuperado de https://www.boe.es/eli/es/lo/2013/12/09/8/con

Marín, N. (2014). Enseñanza de las ciencias desde el punto de vista del constructivismo orgánico. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (2), 221-237. http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.775

Merino, J.M. (2007). *Desarrollo curricular de las ciencias experimentales*. Granada: Grupo Editorial Universitario.

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2014). TALIS 2013. *Estudio internacional de la enseñanza y el aprendizaje*. Informe español. Recuperado de https://www.educacionyfp.gob.es/inee/evaluaciones-internacionales/talis/talis-2013.html

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2016). PISA 2015. Programa para la evaluación internacional de los alumnos. Madrid: Secretaría General Técnica MECD. Recuperado de https://www.educacionyfp.gob.es/inee/evaluaciones-internacionales/pisa/pisa-2015.html

Mullis, I., Martin, M., Foy, P., y Hooper, M. (2017). PIRLS 2016 International results in reading. *Chesnut Hill: TIMSS and PIRLS International Study Center, Lynch School of Education and IEA*. Recuperado de http://timssandpirls.bc.edu/pirls2016/international-results/wp-

content/uploads/structure/CompletePDF/P16-PIRLS-International-Results-in-Reading.pdf

National Training Laboratories for Applied Behavioral Sciences. Recuperado de https://www.ntl.org/

Olmedo, N., y Farrerons, O. (2017). Modelos constructivistas de aprendizaje en programas de formación. *OmniaScience Monographs*. http://doi.org/10.3926/oms.367

Orden Ministerial 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. Boletín Oficial del Estado, núm. 25, 29 de enero de 2015, 6986-7003. Recuperado de https://www.boe.es/eli/es/o/2015/01/21/ecd65

Orden Ministerial ECI/3858/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de las profesiones de Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas. Boletín Oficial del Estado, núm. 312, 29 de diciembre de 2007, 53751-53753. Recuperado de https://www.boe.es/eli/es/o/2007/12/27/eci3858

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2019). Informe PISA (Programme for International Student Assessment) 2018, Informe Español – Volumen I. Recuperado de https://www.educacionyfp.gob.es/inee/evaluaciones-internacionales/pisa/pisa-2018/pisa-2018-informes-es.html

Orozco, E. (2009). Las teorías asociacionistas y cognitivas del aprendizaje: diferencias, semejanzas y puntos en común. *Revista Docencia e Investigación*, 19, 175-191. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3259261

Ortiz, D. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, 19, 93-110. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441846096005

Pozo, J.I., y Gómez, M.A. (2009). Capítulo primero: ¿Por qué los alumnos no aprenden la ciencia que se les enseña? En Morata, J. Editor. *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico* (pp. 17-32). Madrid: Ediciones Morata, S.L.

Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre de 2014, por el que se establece elcurrículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, núm. 3, 3 de enero de 2015, 169-546. Recuperado de https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/12/26/1105/con

Rodríguez, J.M. (2008). Algunas teorías para el diseño instructivo de unidades didácticas Unidad didáctica: "El alfabeto griego". *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (20). Recuperado de https://revistas.um.es/red/article/view/253971

Saldarriaga-Zambrano, PJ., Bravo-Cedeño, GR., y Loor-Rivadeneira, MR. (2016). La teoría constructivista de Jean Piaget y su significación para la pedagogía contemporánea. *Dominio de las Ciencias*, 2 Nº. Extra 3, 127-137. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5802932

Salinas, H., e Irma, S. (2020). ¿Cómo sobrevivir a la enseñanza del metabolismo celular en bachillerato? *Revista Digital Universitaria (rdu)*, 21 (2). http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2020.v21n2.a8

Solbes, J., Monserrat, R., y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91-117. https://roderic.uv.es/handle/10550/20927

Vidal-Abarca, E. (s.f.). *Aprendizaje y desarrollo de la personalidad. Master Profesor de educación secundaria*. Universidad de Valencia, Valencia, España

Vullo, D. L., y Gutiérrez, J. M. (2014). El desafío de enseñar y aprender metabolismo en cursos de grado. *Revista Química Viva*, 1, 18-30. Recuperado de http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v13n1/vullo.html

9. ANEXOS

9.1 ANEXO I: CONTENIDOS DEL CURRÍCULUM EN LA LEGISLACIÓN VIGENTE

A continuación, se recogen los contenidos, criterios y estándares de evaluación y competencias relacionados con el metabolismo para la asignatura de Biología de 2º de Bachillerato establecidos por la legislación vigente. Se incluyen aquellos establecidos a nivel nacional en el Real Decreto 1105/2014 de 26 de diciembre, y los establecidos a nivel de la Comunidad Valenciana en el Decreto 87/2015 de 5 de junio de 2015.

9.1.1 REAL DECRETO 1105/2014 DE 26 DE DICIEMBRE DE 2014

Contenidos	Criterios evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 1. La base molecular y fisicoquímica de la vida		
-Enzimas o catalizadores biológicos: Concepto y función. -Vitaminas: Concepto. Clasificación	6. Comprender la función biocatalizadora de los enzimas valorando su importancia biológica. 7. Señalar la importancia de las vitaminas para el mantenimiento de la vida.	6.1. Contrasta el papel fundamental de los enzimas como biocatalizadores, relacionando sus propiedades con su función catalítica. 7.1. Identifica los tipos de vitaminas asociando su imprescindible función con las enfermedades que previenen.
Bloque 2. La célula viva. Morfología, estructura y fisiología celular		
-Introducción al metabolismo: catabolismo y anabolismo. -Reacciones metabólicas: aspectos energéticos y de regulación. -La respiración celular, su significado biológico. Diferencias entre las vías aeróbica y anaeróbica. Orgánulos celulares implicados en el proceso respiratorio. -Las fermentaciones y sus aplicaciones -La fotosíntesis: Localización celular en procariotas y eucariotas. Etapas del proceso fotosintético. Balance global. Su importancia biológica.	7. Comprender los procesos de catabolismo y anabolismo estableciendo la relación entre ambos. 8. Describir las fases de la respiración celular, identificando rutas, así como productos iniciales y finales. 9. Diferenciar la vía aerobia de la anaerobia. 10. Pormenorizar los diferentes procesos que tienen lugar en cada fase de la fotosíntesis. 11. Justificar su importancia biológica como proceso de biosíntesis, individual para los organismos pero también	7.1. Define e interpreta los procesos catabólicos y los anabólicos, así como los intercambios energéticos asociados a ellos. 8.1. Sitúa, a nivel celular y a nivel de orgánulo, el lugar donde se producen cada uno de estos procesos, diferenciando en cada caso las rutas principales de degradación y de síntesis y los enzimas y moléculas más importantes responsables de dichos procesos. 9.1. Contrasta las vías aeróbicas y anaeróbicas estableciendo su relación con su diferente rendimiento energético.

-La quimiosíntesis.	global en el mantenimiento de la vida en la Tierra. 12. Argumentar la importancia de la quimiosíntesis.	9.2. Valora la importancia de las fermentaciones en numerosos procesos industriales reconociendo sus aplicaciones. 10.1. Identifica y clasifica los distintos tipos de organismos fotosintéticos. 10.2. Localiza a nivel subcelular donde se llevan a cabo cada una de las fases destacando los procesos que tienen lugar. 11.1. Contrasta su importancia biológica para el mantenimiento de la vida en la Tierra. 12.1. Valora el papel biológico de los organismos quimiosintéticos.

Tabla 6: Biología 2º Bachillerato (contenidos, criterios y estándares relacionados con metabolismo). Fuente: Real Decreto 1105/2014.

9.1.2 DECRETO 87/2015 DE 5 DE JUNIO DE 2015

Continguts	Criteris d'avaluació	CC
Bloc 1: La base molecular i fisicoquímica de la vida.		
-Enzims o catalitzadors biològics: concepte i funció.	BL1.4. Explicar la funció biocatalitzadora dels enzims, reconeixent la seua importància biològica, i relacionar la seua naturalesa proteica amb els seus modes d'acció.	CMCT
Bloc 2: La cèl·lula viva. Morfologia, estructura i fisiologia cel·lular.		
-Metabolisme: catabolisme i anabolisme. Aspectes energètics i de regulació. -L'ATP com a *quantum* d'energia cel·lular. -Respiració cel·lular. Significat biològic. Diferències entre les vies aeròbica i anaeròbica. Orgànuls cel·lulars implicats en el procés respiratori. -Fermentacions i aplicacions industrials. -Fotosíntesi. Importància biològica. Localització cel·lular de les diferents fases. Fluxos d'electrons cíclics i lineals. Cicle de Calvin. Substrats I productes. Rendiment energètic. -Quimiosíntesi. Organismes quimiosintètics.	BL2.6. Diferenciar els processos de catabolisme i anabolisme, establint la relació entre ambdós, i interpretar els intercanvis energètics associats a estos, i justificar la funció de l'ATP com a transportador de l'energia lliure. BL2.7. Reconéixer les fases de la respiració cel·lular, identificant rutes, enzims, productes inicials i finals, així com la seua localització en les estructures cel·lulars, i comparar el rendiment energètic de la combustió de diferents molècules orgàniques. BL2.8. Diferenciar la via respiratòria aeròbia de l'anaeròbia, comparant el seu rendiment energètic, i valorar la importància de les aplicacions industrials de les fermentacions. BL2.9. Analitzar els diferents processos que tenen lloc en cada fase de la fotosíntesi, localitzar-los a nivell subcel·lular, i avaluar el balanç global de matèria i energia, justificant la seua importància biològica individual i global per al manteniment de la vida en la Terra. BL2.10. Analitzar el procés de la quimiosíntesi, argumentant la importancia biològica dels organismes quimiosintètics.	CMCT CMCT CMCT CSC CMCT CAA CMCT CAA

COMPETÈNCIES DEL CURRÍCULUM (CC)
CMCT: competència matemàtica i competències bàsiques en ciència i tecnologia.
CSC: competències socials i cíviques.
CAA: competència aprendre a aprendre.

Tabla 7: Curs 2n Batxillerat (Continguts i criteris d'avaluació relacionats amb el metabolisme).
Fuente: Decreto 87/2015.

9.2 ANEXO II: CONTENIDOS TRATADOS EN LIBROS DE TEXTO

A continuación, se muestran los contenidos relacionados con el metabolismo que aparecen en diferentes libros de texto para la asignatura de Biología de 2º de Bachillerato en la Comunidad Valenciana. En primer lugar, se muestran en mayor detalle los contenidos de las unidades didácticas del libro de la editorial SM. Entre paréntesis se detallan los conceptos o contenidos que aparecen en cada apartado cuando el epígrafe no aporta suficiente información al respecto. Posteriormente se muestran de forma abreviada (epígrafes únicamente) los contenidos de los libros de las editoriales Santillana y Anaya.

9.2.1 EDITORIAL SM

UNIDAD 11: METABOLISMO CELULAR Y DEL SER VIVO
1. Célula y ser vivo: sistemas abiertos (*Sistema abierto, equilibrio dinámico, trabajo*)
1.1 Almacenamiento de energía en moléculas (*Función del ATP y resto de nucleótidos como fuente de energía*)
2. Las enzimas (*Sustrato, centro activo, reconocimiento estérico, modo de acción*)
2.1 Influencia del pH y de la temperatura en la actividad enzimática
2.2 Cofactores enzimáticos (*Holoenzima, apoenzima, cofactor*)
2.3 Clasificación de las enzimas (*Función de hidrolasas, liasas, transferasas, isomerasas, oxidorreductasas, sintetasas o ligasas*)
3. La reacción enzimática (*Complejo enzima-sustrato*)
3.1 Especificidad
3.2 Inhibición de la actividad enzimática (*Inhibidores reversibles e irreversibles*)
3.3 Alosterismo (*Ligandos, centros reguladores, enzimas alostéricas*)
3.4 Cinética de la reacción enzimática (*Velocidad, saturación, constante catalítica*)
4. Vitaminas y metabolismo (*Concepto de vitamina, trastornos por exceso o defecto, relación con coenzimas*)
4.1 Clasificación de las vitaminas (*Hidrosolubles, liposolubles, ejemplos de múltiples vitaminas y funciones*)
5. Energética celular
5.1 Energía libre (*energía libre, variación de energía libre, entropía, reacción exergónica y endergónica*)
5.2 Acoplamiento entre reacciones endergónicas y exergónicas
6. Consideraciones generales sobre el metabolismo (*metabolismo, ruta metabólica, metabolito, catabolismo, anabolismo, anfibolismo*)
6.1 Moléculas que intervienen en el metabolismo (*metabolitos, nucleótidos, moléculas con enlaces ricos en energía, moléculas extremas ambientales*)
6.2 Rendimiento y balance energético del metabolismo
6.3 Balance energético positivo
6.4 Balance energético negativo (*rendimiento energético*)

Tabla 8: Contenidos de metabolismo de la editorial SM. Fuente: Biología 2º Bachillerato Ed. SM.

UNIDAD 12: CATABOLISMO AERÓBICO Y ANAERÓBICO
1. Panorama del catabolismo aeróbico (*degradación oxidativa, seres vivos aerobios y anaerobios*)
1.1 Reacciones redox (*reacción de oxidación y reducción, cadena redox, transportadores de electrones*)
1.2 Procesos catabólicos en condiciones aerobias (*breve explicación de la relación entre glucólisis, β-oxidación, ciclo de Krebs y la cadena respiratoria*)
2. Glucólisis (*localización subcelular, reacciones de cada etapa, metabolitos intermedios con representación molecular, sin nombre de enzimas, moléculas implicadas en toda la ruta*)
2.1 Balance energético
2.2 Etapas clave de la glucólisis (*condiciones aerobias y anaerobias y relación con cadena respiratoria y fermentación, lanzadera de dihidroxiacetona*)
3. Respiración celular I: el ciclo de Krebs (*localización subcelular, conexión con cadena respiratoria y fosforilación oxidativa*)
3.1 Oxidación del ácido pirúvico y visión de conjunto de la respiración celular (*descarboxilación oxidativa del piruvato, conexión del ciclo de Krebs con la cadena respiratoria y la fosforilación oxidativa*)
3.2 El ciclo de Krebs (*localización subcelular, reacciones de cada etapa, metabolitos intermedios con representación molecular, sin nombre de enzimas, moléculas implicadas en toda la ruta*)
3.3 Balance energético
4. Respiración celular II: la cadena respiratoria (*cadena redox, par redox: esquema cadena de transporte con reacciones que ocurren, enzimas implicadas y transportadores electrónicos*)
4.1 Fosforilación oxidativa: proceso quimiosmótico (*breve descripción*)
4.2 Acoplamiento quimiosmótico (*modo de acción, gradiente electroquímico, ATP sintetasa*)
5. Balance energético de la respiración celular (*balance energético combinado de glucólisis, descarboxilación piruvato, ciclo de Krebs y fosforilación oxidativa*)
6. Fermentaciones y otras rutas catabólicas
6.1 Fermentación etílica (*esquema básico, tipo de organismos que la realizan, efecto Pasteur*)
6.2 Fermentación láctica (*esquema básico, tipo de organismos que la realizan, bacterias homofermentativas y heterofermentativas*)
6.3 Oxidación de los ácidos grasos (*hidrolisis triacilglicéridos a ácidos grasos y glicerol, transformación de glicerol a gliceraldehído 3-fosfato e incorporación a glucólisis*)
6.4 β-oxidación de ácidos grasos (*transportador carnitina, localización subcelular β-oxidación, reacciones de cada etapa, metabolitos intermedios con representación molecular, enzimas, moléculas implicadas en toda la ruta*)
6.5 Transformación de aminoácidos (*destino grupo α-amino y esqueleto carbonado, aminoácidos cetogénicos, glucogénicos y mixtos*)

Tabla 5 (continuación): Contenidos de metabolismo de la editorial SM. Fuente: Biología 2º Bachillerato Ed. SM.

UNIDAD 13: ANABOLISMO
1. Formas de nutrición de los organismos
1.1 Clasificación de los organismos según su nutrición (*autótrofos/heterótrofos, litótrofos/organótrofos, fotótrofos/quimiótrofos, aerobios/anaerobios, necesidad de agua, sales minerales y nitrógeno*)
2. Fotosíntesis I: pigmentos y fotosistemas (*localización subcelular de la fotosíntesis*)
2.1 Pigmentos fotosintéticos (*tipos y estructura de pigmentos, espectro de absorción*)
2.2 Fotosistemas (*estructura, antena, centro de reacción*)
2.3 Tipos de fotosistemas (*Fotosistema I y II, aceptor primario de electrones*)
2.4 Generalidades de la fotosíntesis (*breve síntesis de fase lumínica y fase oscura*)
3. Fotosíntesis II: fase lumínica
3.1 Transporte de electrones (*esquema de los movimientos de electrones y proteínas y otras moléculas implicadas*)
3.2 Fotofosforilación no cíclica
4. Fotosíntesis III: fase oscura (*conexión con la fase lumínica*)
4.1 El ciclo de Calvin (*importancia biológica rubisCO, localización subcelular, reacciones de cada etapa, metabolitos intermedios con representación molecular, sin nombre de enzimas, moléculas implicadas en toda la ruta*)
4.2 Balance energético
4.3 Fotorrespiración
4.4 Las plantas C_3 y C_4
5. Factores que influyen en la fotosíntesis (*[CO_2], [O_2], humedad, temperatura, intensidad lumínica, tipo de luz*)
6. Quimiosíntesis (*concepto, exclusividad de bacterias*)
6.1 Bacterias quimiosintéticas nitrificantes (*ejemplo bacteria, balance reacción*)
6.2 Bacterias quimiosintéticas del azufre (*ejemplo bacteria, balance reacción*)
6.3 Bacterias quimiosintéticas del hierro (*ejemplo bacteria, balance reacción*)
6.4 Bacterias quimiosintéticas del hidrógeno (*ejemplo bacteria, balance reacción*)
7. Otras rutas metabólicas
7.1 Síntesis de aminoácidos (*aminoácidos esenciales, organismos auxótrofos*)
7.2 Origen del grupo amino de los aminoácidos
7.3 Origen del esqueleto carbonado de los aminoácidos
7.4 Gluconeogénesis (*localización subcelular, reacciones y enzimas más relevantes, moléculas implicadas en toda la ruta*)
7.5 Balance energético (*balance de la gluconeogénesis*)

Tabla 5 (continuación): Contenidos de metabolismo de la editorial SM. Fuente: Biología 2º Bachillerato Ed. SM.

9.2.2 EDITORIAL SANTILLANA

UNIDAD 9: EL METABOLISMO, LAS ENZIMAS Y LAS VITAMINAS
1. El metabolismo celular comprende las reacciones químicas que permiten la vida
2. El ATP es una molécula que almacena y cede energía
3. El control del metabolismo lo ejercen las enzimas y las hormonas
4. Las enzimas son los catalizadores de las reacciones metabólicas
5. Las vitaminas tienen un papel fundamental en el metabolismo
UNIDAD 10: EL CATABOLISMO
1. En el catabolismo celular se libera energía gracias a reacciones de transferencia de electrones
2. El catabolismo de los glúcidos puede ocurrir por respiración o por fermentación
3. En la glucólisis la célula obtiene energía a partir de la glucosa
4. En la respiración se produce ATP mediante las ATP sintasas de la membrana
5. El catabolismo de los lípidos libera energía gracias a la ß-oxidación de los ácidos grasos
6. El catabolismo de las proteínas requiere separar y eliminar los grupos aminos
7. El catabolismo de los ácidos nucleicos comienza con la acción de las nucleasas
8. El catabolismo por fermentación permite obtener energía en ausencia de oxígeno
9. La respiración y la fermentación tienen similitudes y diferencias
UNIDAD 11: EL ANABOLISMO
1. El anabolismo es la vía constructiva del metabolismo
2. La fotosíntesis transforma la energía de la luz en energía química
3. En la quimiosíntesis se utiliza energía química de la oxidación de sustancias inorgánicas
4. En el anabolismo heterótrofo se forman moléculas orgánicas complejas a partir de moléculas orgánicas sencillas
5. En el anabolismo heterótrofo de los glúcidos se sintetiza glucosa y sus polímeros
6. En el anabolismo heterótrofo de los lípidos se sintetizan ácidos grasos y triglicéridos
7. En la síntesis de los aminoácidos no esenciales se parte del ácido a-cetoglutárico
8. La síntesis de los nucleótidos sigue dos vías, una para las bases púricas y otra para las pirimidínicas

Tabla 9: Contenidos de metabolismo de la editorial Santillana. Fuente: Biología 2º Bachillerato Ed. Santillana.

9.2.3 EDITORIAL ANAYA

UNIDAD 4: LAS PROTEÍNAS Y LA ACCIÓN ENZIMÁTICA
6. Los enzimas y su mecanismo de acción
7. La cinética enzimática
8. La regulación y la acción enzimática
9. Las vitaminas
UNIDAD 10: EL METABOLISMO (I). EL CATABOLISMO
1. El metabolismo. Generalidades
2. Los intermediarios transportadores
3. Los procesos catabólicos. Generalidades
4. La glucólisis
5. La respiración celular
6. Resumen del balance de la respiración celular
7. Las fermentaciones
8. El ciclo de Krebs y otras rutas metabólicas
UNIDAD 11: EL METABOLISMO (II). EL ANABOLISMO
1. El anabolismo
2. Introducción a la fotosíntesis
3. La fase luminosa de la fotosíntesis
4. La fase oscura de la fotosíntesis
5. Los factores que influyen en la fotosíntesis
6. La quimiosíntesis

Tabla 10: Contenidos de metabolismo de la editorial Anaya. Fuente: Biología 2º Bachillerato Ed. Anaya.

9.3 ANEXO III: PREGUNTAS RELACIONADAS CON EL METABOLISMO EN LAS PAU

A continuación, se mostrarán las preguntas relacionadas con el metabolismo que han aparecido en las convocatorias ordinaria y extraordinaria de las PAU de la Comunidad Valenciana en el periodo 2010-2020. La numeración que se muestra ha sido asignada para el presente TFM, no es la numeración original de la prueba. En primer lugar, se muestra un resumen de los contenidos y conceptos evaluados en cada pregunta. En el siguiente apartado pueden encontrarse las preguntas originales.

9.3.1 RESUMEN DE LOS CONTENIDOS Y CONCEPTOS EVALUADOS EN LAS PREGUNTAS

Para cada pregunta se indica el tipo de prueba (ordinaria (O) o extraordinaria (E)), el año de la prueba, la numeración asignada y los contenidos o conceptos evaluados.

- **O-2010-1:** Identificación de la ruta, condiciones en que se da, localización del proceso y origen del ácido pirúvico en fermentación etílica. Usos industriales.
- **O-2010-2:** Relacionar proceso metabólico con estructura celular donde ocurre en glucólisis, β-oxidación, reducción del CO_2 atmosférico, fosforilación oxidativa, oxidación ácido pirúvico a CO_2.
- **O-2010-3:** Función de la fotosíntesis para la vida en la tierra.
- **E-2010-1:** Concepto organismo aerobio y anaerobio.
- **O-2011-1:** Citar las etapas de oxidación de la glucosa (glucólisis, ciclo de Krebs y fosforilación oxidativa) indicando sustratos y productos de cada una.
- **O-2012-1:** Orgánulo y compartimiento donde ocurren la captación de la luz por el complejo antena, ciclo de Calvin, glucólisis, fosforilación oxidativa y ciclo de Krebs.
- **O-2012-2:** Identificación de la ruta, localización y productos del ciclo de Krebs.
- **E-2012-1:** Conceptos de catabolismo y anabolismo.
- **E-2012-2:** Influencia del pH y la temperatura en la actividad enzimática. Ejemplos de enzimas.
- **O-2013-1:** Identificación de la ruta, tipo (anabólica o catabólica) y origen del ATP y NADPH en ciclo de Calvin.
- **E-2013-1:** Papel de la luz en la fotosíntesis.
- **E-2013-2:** Obtención de energía en organismos autótrofos y heterótrofos.
- **O-2014-1:** Clasificación de los organismos por fuente de materia y energía para el metabolismo (autótrofos o heterótrofos y fotótrofos o quimiótrofos).
- **O-2014-2:** Identificación de las rutas y condiciones en fermentación etílica y láctica. Ejemplos de organismos y productos en procesos industriales.
- **E-2014-1:** Orgánulo y estructura donde tiene lugar, origen del acetil-CoA y destino de los productos en el ciclo de Krebs.
- **E-2014-2:** Concepto de catálisis enzimática, centro activo, factores influyentes en actividad enzimática y tipos de coenzimas.

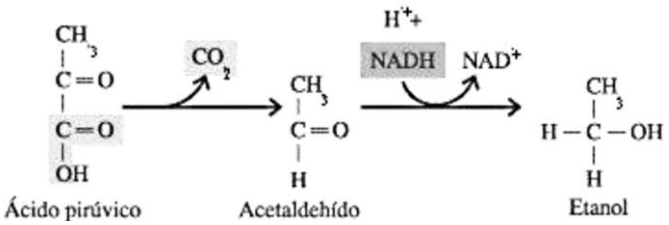
- **O-2015-1:** Identificación de la ruta, localización subcelular, condiciones e identificación de transportadores de electrones en cadena respiratoria.
- **O-2015-2:** Definición anabolismo y catabolismo con ejemplos. Clasificación de los organismos por fuente de carbono y energía (autótrofos o heterótrofos y fotótrofos o quimiótrofos).
- **O-2015-3:** Identificación de la ruta, proceso de generación del ATP y destino del NADPH y ATP en la fase luminosa de la fotosíntesis.
- **E-2015-1:** Función del ciclo de Krebs en la respiración aeróbica.
- **E-2015-2:** Diferencia entre fotosíntesis y quimiosíntesis.
- **O-2016-1:** Relacionar el proceso metabólico con su localización subcelular para glucólisis, reducción del CO_2 atmosférico, fosforilación oxidativa y ciclo de Krebs.
- **O-2016-2:** Importancia biológica del ciclo de Calvin.
- **E-2016-1:** Concepto y función de coenzimas.
- **E-2016-2:** Influencia de temperatura y pH en la actividad enzimática.
- **E-2016-3:** Localización subcelular y productos que se obtienen de fase luminosa de la fotosíntesis, β-oxidación, fermentación alcohólica, fosforilación oxidativa, glucólisis, ciclo de Calvin, ciclo de Krebs, gluconeogénesis.
- **O-2017-1:** Compartimento específico donde ocurre cada subproceso (membrana tilacoidal, estroma) e importancia biológica de la fotosíntesis.
- **O-2017-2:** Concepto de enzima, centro activo, especificidad enzimática, cofactor, relación entre enzimas y vitaminas.
- **O-2017-3:** Relación entre los procesos metabólicos, condiciones ambientales en que tienen lugar y rutas metabólicas asociadas a respiración, fermentación, fotosíntesis y glucólisis.
- **O-2017-4:** Concepto fotoautótrofo, quimioautótrofo, fotoheterótrofo, quimioheterótrofo.
- **E-2017-1:** Papel del ATP en el metabolismo.
- **E-2017-2:** Papel del agua en la fase luminosa e importancia biológica de la fotosíntesis.
- **O-2018-1:** Fases del ciclo de Calvin y enzima inicial (rubisCO).
- **O-2018-2:** Concepto de enzima, apoenzima, cofactor y grupo prostético. Modo de acción de las enzimas.
- **O-2018-3:** Localización subcelular de fotofosforilación y ciclo de Krebs.
- **E-2018-1:** Fases metabólicas y su localización subcelular en la respiración de la glucosa en células eucariotas en aerobiosis y en anaerobiosis (glucólisis, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, fermentación).
- **O-2019-1:** Concepto y partes de un fotosistema. Balance global, tipo de ruta y localización y procesos llevados a cabo en las fases luminosa y oscura para la **fotosíntesis**.
- **E-2019-1:** Papel del oxígeno y del agua e importancia biológica de la fotosíntesis.
- **E-2019-2:** Clasificación de los organismos por fuente de carbono y energía (autótrofos o heterótrofos y fotótrofos o quimiótrofos).
- **O-2020-1:** Concepto de holoenzima, apoenzima y cofactor.
- **O-2020-2:** Destinos del piruvato tras la glucólisis y condiciones en que se dan (ciclo de Krebs o fermentación). Rutas de oxidación del lactato y acetil-CoA y energía producida.
- **O-2020-3:** Diferencias entre fotosíntesis y quimiosíntesis, autótrofo y heterótrofo, fotofosforilación cíclica y no cíclica.

- **E-2020-1:** Identificación de la ruta, localización subcelular y compartimiento, tipo de ruta y origen del ATP y cofactores reducidos para el ciclo de Calvin.
- **E-2020-2:** Fermentación etílica y láctica.

9.3.2 PREGUNTAS ORIGINALES DE LAS PAU

ORDINARIA 2010

1. ¿Qué proceso metabólico se representa en la imagen? ¿En qué condiciones se da? ¿En qué lugar de la célula ocurre? ¿De dónde proviene el ácido pirúvico? Cita usos industriales de este proceso.



2. Relaciona los procesos metabólicos (columna de la izquierda) con la estructura celular en la que ocurren (columna de la derecha).

Procesos metabólicos	Estructura celular
Ensamblaje de ARN ribosómico y proteínas ribosomales	Nucleoplasma
Glucólisis	Membrana interna mitocondrial
β-oxidación de ácidos grasos	Estroma del cloroplasto
Reducción del CO_2 atmosférico	Citosol
Glucosilación de proteínas	Matriz mitocondrial
Fosforilación oxidativa	Nucleolo
Oxidación del ácido pirúvico a CO_2	Peroxisoma
Reparación del ADN	Aparato de Golgi

3. Importancia de la fotosíntesis en el mantenimiento de la vida sobre la Tierra.

EXTRAORDINARIA 2010

1. Define organismo aerobio y organismo anaerobio y pon un ejemplo de cada uno.

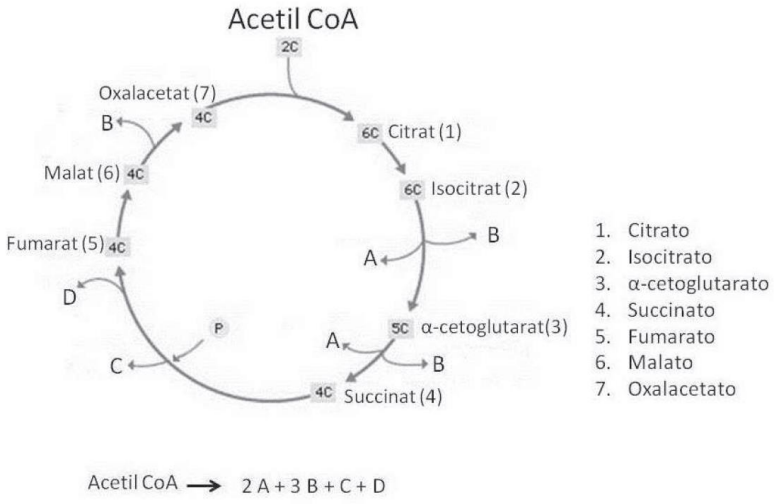
ORDINARIA 2011

1. Cita las etapas de la oxidación total de la glucosa en condiciones aerobias, señalando los sustratos iniciales y los productos finales de cada una de ellas.

ORDINARIA 2012

1. Indica en qué orgánulos de la célula eucariota transcurren los siguientes procesos metabólicos detallando el compartimiento específico: a) captación de la luz por el complejo antena, b) ciclo de Calvin, c) glucólisis, d) fosforilación oxidativa, e) transporte activo, f) ciclo de Krebs, g) síntesis de proteínas de secreción, h) síntesis de ARNr.

2. ¿Qué ruta metabólica representa esta imagen y dónde tiene lugar en la célula? Indica cuáles son los productos que salen de la ruta y que aparecen como letras (A, B, C y D) en la ecuación global del proceso.



Acetil CoA ⟶ 2 A + 3 B + C + D

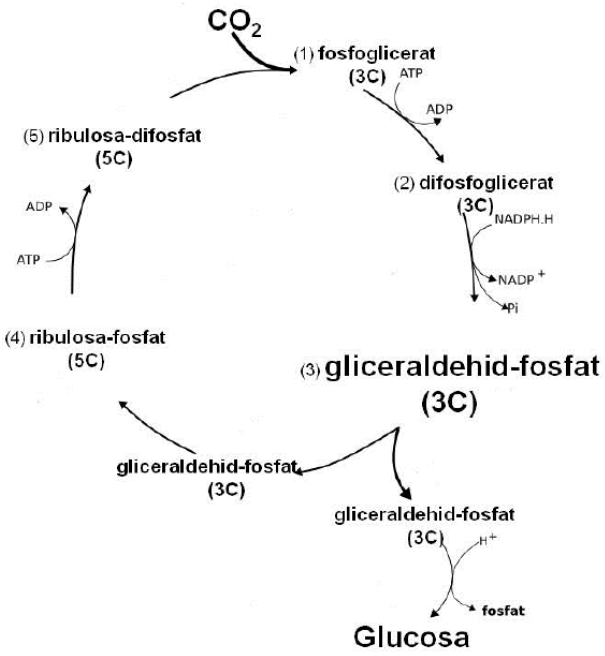
EXTRAORDINARIA 2012

1. Define los conceptos de catabolismo y anabolismo, pon un ejemplo de cada uno y justifícalo.

2. Explica la influencia del pH y de la temperatura en la actividad enzimática y pon algún ejemplo de enzimas indicando en qué rango de pH o en qué rango de temperatura actúan de manera óptima.

ORDINARIA 2013

1. ¿Qué ruta metabólica se representa en la imagen? ¿Se trata de una ruta anabólica o catabólica? Razona la respuesta. ¿De dónde proceden el ATP y el NADPH?



1. *fosfoglicerato*
2. *difosfoglicerato*
3. *gliceraldehído fosfato*
4. *ribulosa fosfato*
5. *ribulosa difosfato*

EXTRAORDINARIA 2013

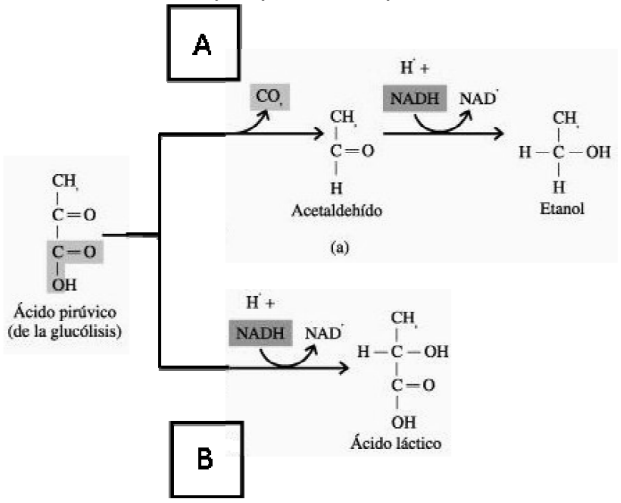
1. ¿Por qué es necesaria la luz en el proceso de fotosíntesis?

2. Indica las formas de obtención de energía en los organismos autótrofos y heterótrofos.

ORDINARIA 2014

1. Nombra y explica la clasificación de los seres vivos según la naturaleza química de la materia y la fuente de energía que utilizan en su metabolismo.

2. En relación con la imagen:
   a) Nombra los procesos A y B. ¿En qué condiciones ambientales se producen?
   b) Cita un ejemplo de microorganismo que realice cada uno de estos procesos a escala industrial y el producto que se obtiene.



Ácido pirúvico (de la glucólisis) /**Àcid pirúvic (de la glucólisi)**
Acetaldehido / **Acetaldehid**
Etanol / ***Etanol***
Ácido láctico / ***Àcid làctic***

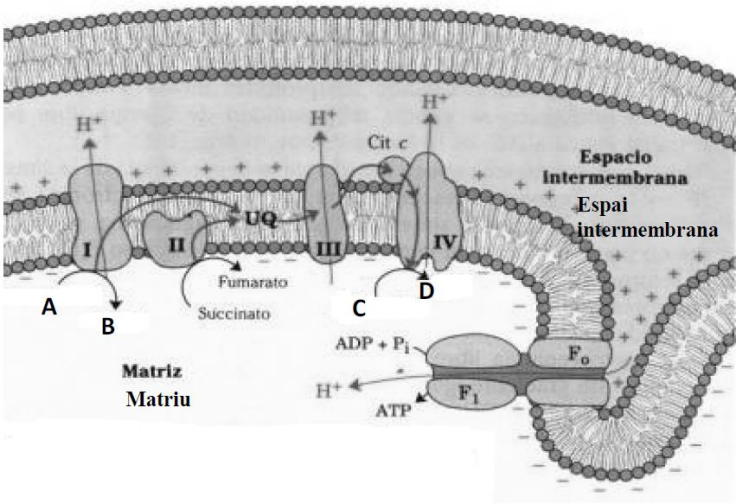
EXTRAORDINARIA 2014

1. Respecto al ciclo de Krebs, indica:
   a) En qué orgánulo celular y en qué estructura de éste tiene lugar.
   b) El origen del acetil-CoA que se incorpora al ciclo.
   c) El destino metabólico de los productos que se originan.

2. Las enzimas son importantes moléculas que intervienen en el metabolismo celular (6 puntos). a) Define el concepto de catálisis enzimática; b) ¿Qué es el centro activo de una enzima?; c) Cita dos factores que afectan a la actividad enzimática; d) Nombra dos tipos de coenzimas.

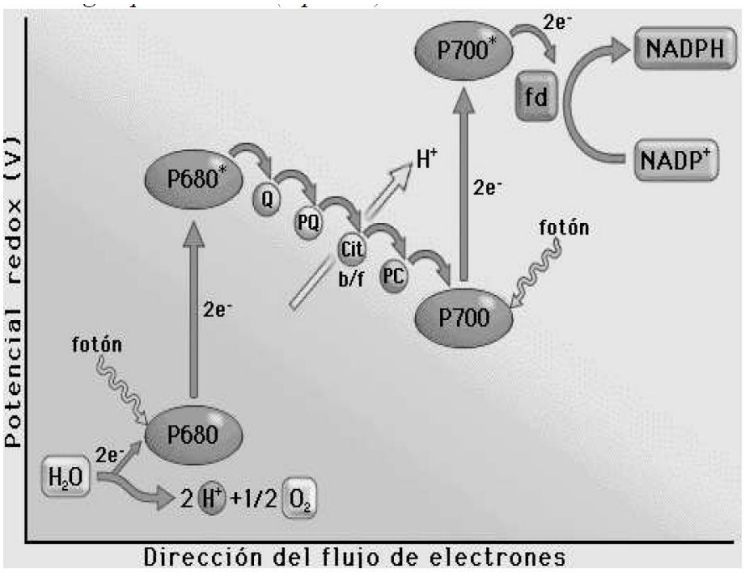
ORDINARIA 2015

1. En relación a la imagen: a) ¿Qué procesos representa? b) ¿En qué orgánulo celular se producen? c) ¿En qué condiciones se dan? d) ¿A qué sustancias corresponden las letras A, B, C y D?



2. Define anabolismo y catabolismo citando un ejemplo de cada uno. ¿Cómo se clasifican los organismos según su forma de obtener carbono y la fuente de energía que utilizan?

3. En relación a la imagen:
   a) ¿Qué proceso representa?
   b) ¿Cómo se genera ATP en este proceso?
   c) ¿Qué destino tienen el NADPH y el ATP sintetizados?



EXTRAORDINARIA 2015

1. Explica el papel del ciclo de Krebs en la respiración aeróbica.

2. Explica la diferencia entre fotosíntesis y quimiosíntesis.

ORDINARIA 2016

1. Relaciona los procesos metabólicos de la columna de la izquierda con las estructuras celulares en las que tienen lugar y que se indican en la columna de la derecha.

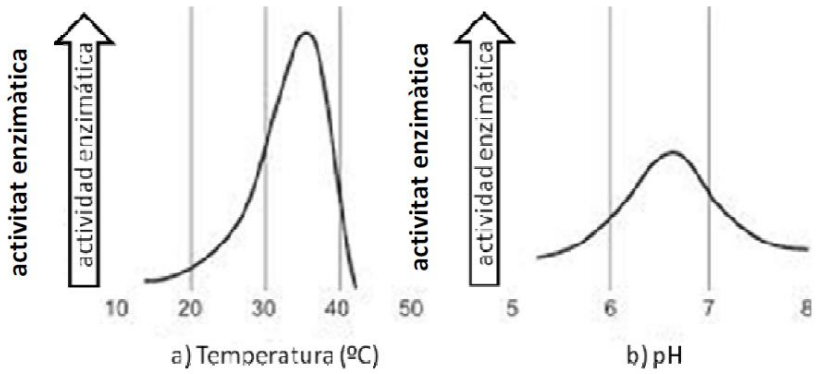
1. Ensamblaje de RNA ribosómico y proteínas ribosomales	a. Nucleoplasma
2. Glucólisis	b. Membrana interna mitocondrial
3. Eliminación de peróxido de hidrógeno	c. Estroma del cloroplasto
4. Reducción del CO_2 atmosférico	d. Citosol
5. Glucosilación de proteínas	e. Matriz mitocondrial
6. Fosforilación oxidativa	f. Nucleolo
7. Ciclo de Krebs	g. Peroxisoma
8. Replicación del DNA	h. Aparato de Golgi

2. Explica la importancia biológica del ciclo de Calvin.

EXTRAORDINARIA 2016

1. ¿Qué son las coenzimas y cuál es su función? Cita 2 ejemplos.

2. Apoyándote en las figuras, explica la influencia de la temperatura y del pH en la actividad enzimática.

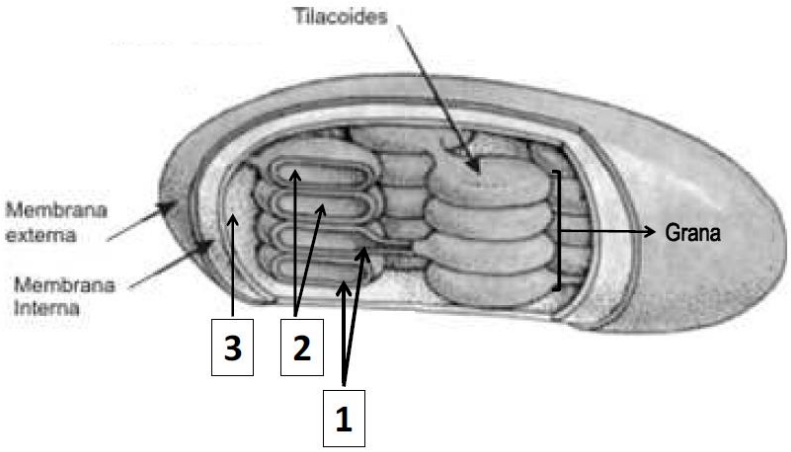


3. En el siguiente cuadro se relacionan diez procesos metabólicos. Indica, para cada uno de ellos, el orgánulo donde se realizan y, al menos, uno de los productos que se obtienen.

Proceso metabólico	Localización subcelular	Productos que se obtienen
1. Fase luminosa de la fotosíntesis		
2. β-oxidación		
3. Fermentación alcohólica		
4. Fosforilación oxidativa		
5. Glucólisis		
6. Replicación		
7. Ciclo de Calvin		
8. Ciclo de Krebs		
9. Traducción		
10. Gluconeogénesis		

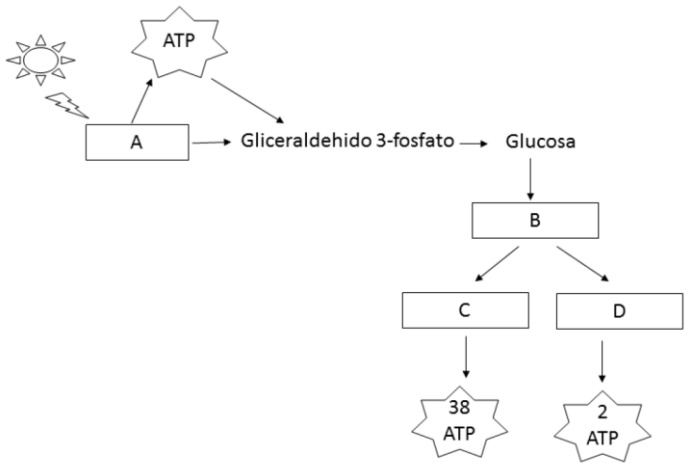
ORDINARIA 2017

1. a) Observa la imagen e indica el nombre de las partes marcadas con número. Señala brevemente el proceso que se lleva a cabo en cada una de ellas. b) Explica la importancia biológica de la fotosíntesis.



2. La hexoquinasa es un enzima que cataliza la primera etapa de la glucólisis, en la que la glucosa se fosforila a glucosa 6-fosfato: a) ¿Qué tipo de moléculas son las enzimas? b) ¿Qué es el centro activo? c) ¿Qué se entiende por especificidad de las enzimas? d) ¿Qué es un cofactor? f) ¿Qué relación existe entre coenzimas y vitaminas?

3. a) Relaciona los procesos de respiración, fermentación, fotosíntesis y glucolisis con las letras A, B, C y D del siguiente esquema. Justifica brevemente tu respuesta b) Señala en qué condiciones ambientales se producen los procesos A, C y D. c) ¿Qué rutas metabólicas se llevan a cabo en los procesos A y C?



4. Define los siguientes conceptos: fotoautótrofo, quimioautótrofo, fotoheterótrofo y quimioheterótrofo.

EXTRAORDINARIA 2017

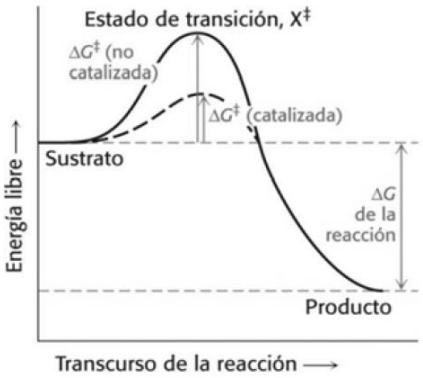
1. Describe la estructura química del ATP y comenta su papel en el metabolismo.

2. Explica el papel del agua en la fase luminosa de la fotosíntesis y su repercusión para la vida en la Tierra.

ORDINARIA 2018

1. Nombra las fases del ciclo de Calvin y señala la enzima que inicia el ciclo.

2. En relación con las enzimas:
   a) Define brevemente qué es una enzima.
   b) Relaciona los términos apoenzima, cofactor y grupo prostético.
   c) En base a la siguiente figura, explica el modo de acción de las enzimas.



3. Indica la localización celular de los procesos siguientes: a) organización de los microtúbulos, b) fotofosforilación, c) ciclo de Krebs, d) reconocimiento celular, e) transferencia de aminoácidos a la cadena polipeptídica, f) ensamblaje de la subunidad mayor del ribosoma con la subunidad menor.

EXTRAORDINARIA 2018

1. Responde a las siguientes cuestiones:
   a) Cita las principales fases metabólicas de la respiración de la glucosa en células eucariotas en aerobiosis y nombra la estructura celular dónde tiene lugar cada una de ellas.
   b) Indica cual sería el proceso en anaerobiosis y sus fases.

ORDINARIA 2019

1. Respecto a la fotosíntesis, responde a las siguientes cuestiones: a) Indica el balance global del proceso y qué tipo de ruta metabólica es; b) Explica brevemente qué ocurre en cada fase de la fotosíntesis y dónde tiene lugar cada una; c) Define qué es un fotosistema e indica las partes que lo forman.

EXTRAORDINARIA 2019

1. a) ¿Cómo se denomina el principal proceso biológico mediante el cual algunos organismos liberan oxígeno?; b) ¿Cuál es el papel del agua en este proceso?; c) ¿Qué repercusión tiene este proceso para la vida en la Tierra?

2. Enumera los tipos de organismos según la fuente de energía y de carbono que utilizan.

ORDINARIA 2020

1. Define y relaciona los conceptos de holoenzima, apoenzima y cofactor. Cita dos ejemplos de cofactores enzimáticos.

2. Tras la glucólisis el piruvato obtenido puede tener dos destinos distintos:
   1. Piruvato + NADH + H^+ → lactato + NAD^+
   2. Piruvato + CoA + NAD^+ → acetil-CoA + CO^2 + NADH
   a) Explica en qué condiciones se produce cada uno de ellos.
   b) Indica si el lactato y el acetil-CoA obtenidos podrían continuar oxidándose. En caso afirmativo, indica a qué ruta metabólica entraría cada uno de ellos y si ambos procesos proporcionarán finalmente la misma energía.

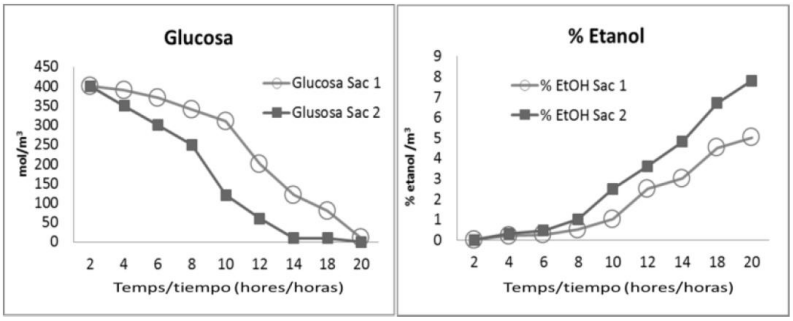
3. Señala las diferencias entre: a) fotosíntesis y quimiosíntesis; b) autótrofo y heterótrofo; c) flujo cíclico y no cíclico de electrones (fotofosforilación cíclica y no cíclica).

EXTRAORDINARIA 2020

1. En algunas células pueden darse reacciones metabólicas que carboxilan la ribulosa 1,5-bisfosfato, producen gliceraldehído 3-fosfato y consumen ATP y cofactores reducidos.

a) ¿De qué ruta forman parte esas reacciones y en qué orgánulo tienen lugar (indica también en qué parte de éste)?
b) ¿Se trata de una ruta anabólica o catabólica? Justifica la respuesta.
c) ¿De qué procesos provienen el ATP y los cofactores reducidos que se consumen y donde tienen lugar?

2. Se están poniendo a punto protocolos para producir cerveza en una industria cervecera. Para ello, se prueban dos cepas diferentes de Saccharomyces cerevisiae Sac1 y Sac2. Se añade a un contenedor la misma concentración de levadura, malta de cebada, lúpulo y agua, y se cierra herméticamente. A distintos tiempos, se analizan los contenidos de glucosa y de etanol. Los resultados se muestran en las gráficas adjuntas. En base a los resultados obtenidos:
a) Explica el proceso metabólico que ha tenido lugar.
b) Explica el diferente comportamiento observado en las dos cepas Sac1 y Sac2, basándote en los resultados.
c) Indica qué microorganismos utilizarías para fabricar yogur, sobre qué sustrato actúan, y explica cómo se denomina y en qué consiste el proceso que tiene lugar.



9.4 ANEXO IV: DOCUMENTO DE PRESENTACIÓN DE LA UNIDAD

UNIDAD X: EL METABOLISMO

En esta unidad vamos a estudiar el metabolismo celular, el conjunto de reacciones químicas y procesos energéticos que ocurren en los seres vivos. En esta unidad veremos primero un apartado sobre los conceptos centrales del metabolismo (punto I) y, a continuación, dos apartados donde profundizaremos más en los dos tipos principales del metabolismo, el catabolismo y el anabolismo (puntos II y III).

CONTENIDOS DE LA UNIDAD

El objetivo de esta unidad es que aprendas los siguiente contenidos de cada uno los apartados. Recuerda que en las PAU pueden aparecer cuestiones de todos los contenidos, pero te indicamos aquellos que son examinados con más frecuencia (frecuente, muy frecuente).

I CONCEPTOS CENTRALES

- Concepto de **metabolismo**, **catabolismo** y **anabolismo**
- **Elementos del metabolismo** (metabolitos, trasportadores de electrones…)
- **Aspectos energéticos** (energía libre, acoplamiento energético, balance energético, reacciones redox)
- Papel de las **enzimas** (modo de acción, composición, influencia pH y temperatura)
- **Tipos de nutrición** (Autótrofos/heterótrofos, Litótrofos/organótrofos, Fotótrofos/quimiótrofos, Aerobios/anaerobios, combinaciones de los tipos de nutrición)
- Papel de las **vitaminas** en el metabolismo

II CATABOLISMO

En este apartado verás más en profundidad diferentes rutas catabólicas. No es necesario que memorices cada uno de los pasos y metabolitos, pero sí has de reconocer la ruta en un esquema, así como estas características: **Función**, **relación con otras rutas**, **localización subcelular** donde ocurre, **productos iniciales y finales** y **balance energético**. Las rutas que aprenderás son estas:

- Respiración celular: **glucólisis**, **ciclo de Krebs**, **cadena transporte electrónico**, **fosforilación oxidativa**.
- Fermentación: **Fermentación etílica y láctica**. Diferencias con la respiración celular y aplicaciones industriales.
- Otras rutas catabólicas: **β-oxidación de ácidos grasos**.

III ANABOLISMO

En este apartado estudiarás principalmente la fotosíntesis y algunos aspectos de la gluconeogénesis y quimiosíntesis. Acerca de la fotosíntesis aprenderás:

- **Fase luminosa** y **fase oscura**: Función, localización subcelular donde ocurre, productos iniciales y finales y balance energético.
- **Importancia biológica** de la fotosíntesis.
- Diferencias entre **fotofosforilación cíclica** y **no cíclica**
- **Otros aspectos**: tipos de organismos fotosintéticos, pigmentos y fotosistemas, fotorrespiración, plantas C_3 y C_4, influencia de luz, $[O_2]$, etc.

- **Gluconeogénesis**: Función, relación con otras rutas, localización subcelular donde ocurre, productos iniciales y finales y balance energético.
- **Quimiosíntesis**: Concepto, importancia biológica, tipos de organismos

9.5 ANEXO V: CONTENIDOS PREVIOS RELACIONADOS CON EL METABOLISMO

Contenidos	Criterios evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Biología y Geología 1º y 3º ESO		
Bloque 1. La base molecular y fisicoquímica de la vida		
-La célula. Características básicas de la célula procariota y eucariota, animal y vegetal. -Funciones vitales: nutrición, relación y reproducción. -Plantas: Musgos, helechos, gimnospermas y angiospermas. Características principales, nutrición, relación y reproducción.	1. Reconocer que los seres vivos están constituidos por células y determinar las características que los diferencian de la materia inerte. 2. Describir las funciones comunes a todos los seres vivos, diferenciando entre nutrición autótrofa y heterótrofa. 9. Conocer las funciones vitales de las plantas y reconocer la importancia de estas para la vida.	1.2. Establece comparativamente las analogías y diferencias entre célula procariota y eucariota, y entre célula animal y vegetal. 2.1. Comprende y diferencia la importancia de cada función para el mantenimiento de la vida. 2.2. Contrasta el proceso de nutrición autótrofa y nutrición heterótrofa, deduciendo la relación que hay entre ellas. 9.1. Detalla el proceso de la nutrición autótrofa relacionándolo con su importancia para el conjunto de todos los seres vivos.
Biología y Geología 4º ESO		
Bloque 1. La evolución de la vida		
-La célula.	1. Determinar las analogías y diferencias en la estructura de las células procariotas y eucariotas, interpretando las relaciones evolutivas entre ellas.	1.1. Compara la célula procariota y eucariota, la animal y la vegetal, reconociendo la función de los orgánulos celulares y la relación entre morfología y función.
Biología y Geología. 1º Bachillerato		
Bloque 1. Los seres vivos: composición y función		
-Bioelementos y biomoléculas. -Relación entre estructura y funciones biológicas de las biomoléculas.	2. Distinguir bioelemento, oligoelemento y biomolécula. 3. Diferenciar y clasificar los diferentes tipos de biomoléculas que constituyen la materia viva y relacionándolas con sus respectivas funciones biológicas en la célula. 4. Diferenciar cada uno de los monómeros constituyentes de las macromoléculas orgánicas. 5. Reconocer algunas macromoléculas cuya conformación está	2.1. Identifica y clasifica los distintos bioelementos y biomoléculas presentes en los seres vivos. 3.1. Distingue las características fisicoquímicas y propiedades de las moléculas básicas que configuran la estructura celular, destacando la uniformidad molecular de los seres vivos. 4.1. Identifica cada uno de los monómeros constituyentes de las macromoléculas orgánicas. 5.1. Asocia biomoléculas con su función biológica de acuerdo con su estructura tridimensional.

	directamente relacionada con la función que desempeñan.	
Bloque 5. Las plantas: sus funciones, y adaptaciones al medio		
-La fotosíntesis.	5. Comprender las fases de la fotosíntesis, los factores que la afectan y su importancia biológica.	5.1. Detalla los principales hechos que ocurren durante cada una de las fases de la fotosíntesis asociando, a nivel de orgánulo, donde se producen. 5.2. Argumenta y precisa la importancia de la fotosíntesis como proceso de biosíntesis, imprescindible para el mantenimiento de la vida en la Tierra.
Bloque 6. Los animales: sus funciones, y adaptaciones al medio		
Funciones de nutrición en los animales.	1. Comprender los conceptos de nutrición heterótrofa y de alimentación.	1.1. Argumenta las diferencias más significativas entre los conceptos de nutrición y alimentación. 1.2. Conoce las características de la nutrición heterótrofa, distinguiendo los tipos principales.
Biología. 2º Bachillerato		
Bloque 1. La base molecular y fisicoquímica de la vida		
-Las moléculas orgánicas. Glúcidos, lípidos, prótidos y ácidos nucleicos.	3. Reconocer los diferentes tipos de macromoléculas que constituyen la materia viva y relacionarlas con sus respectivas funciones biológicas en la célula. 4. Identificar los tipos de monómeros que forman las macromoléculas biológicas y los enlaces que les unen. 5. Determinar la composición química y describir la función, localización y ejemplos de las principales biomoléculas orgánicas.	3.1. Reconoce y clasifica los diferentes tipos de biomoléculas orgánicas, relacionando su composición química con su estructura y su función. 4.1. Identifica los monómeros y distingue los enlaces químicos que permiten la síntesis de las macromoléculas: enlaces O-glucosídico, enlace éster, enlace peptídico, O-nucleósido. 5.1. Describe la composición y función de las principales biomoléculas orgánicas.
Bloque 2. La célula viva. Morfología, estructura y fisiología celular		
-Morfología celular. Estructura y función de los orgánulos celulares.	2. Interpretar la estructura de una célula eucariótica animal y una vegetal, pudiendo identificar y representar sus orgánulos y describir la función que desempeñan.	2.1. Esquematiza los diferentes orgánulos citoplasmáticos, reconociendo sus estructuras. 2.2. Analiza la relación existente entre la composición química, la estructura y la ultraestructura de los orgánulos celulares y su función.

Tabla 11: Contenidos relacionados con el metabolismo tratados con anterioridad a las unidades sobre metabolismo de 2º Bachillerato. Fuente: RD 1105/2014.

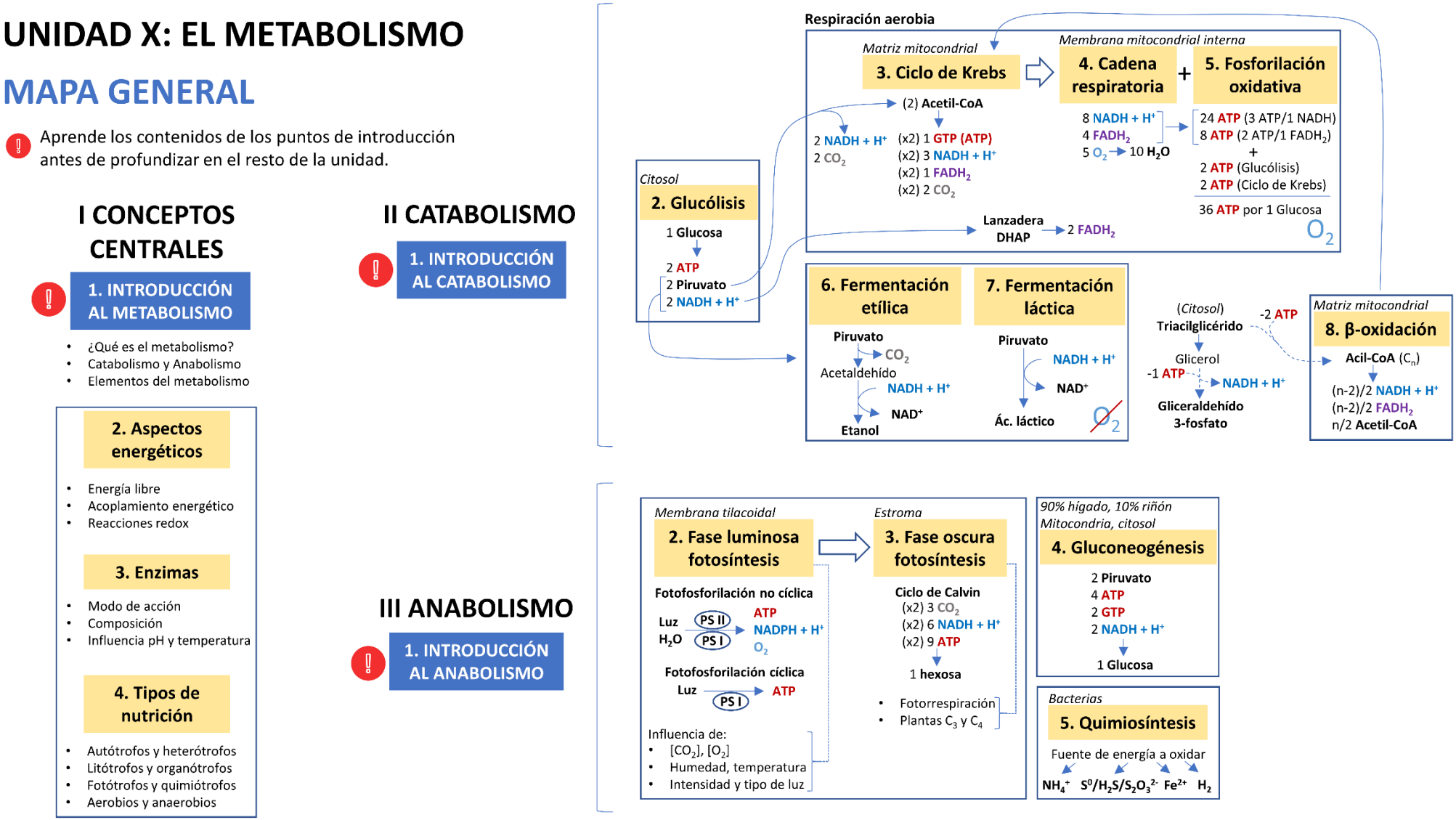


Figura 12: Versión para impresión del material de estudio principal para la unidad de Metabolismo. Fuente: elaboración propia.

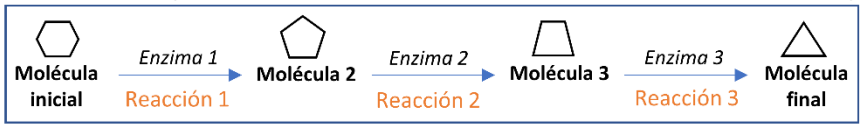
I CONCEPTOS CENTRALES

1. INTRODUCCIÓN AL METABOLISMO

¿QUÉ ES EL METABOLISMO?

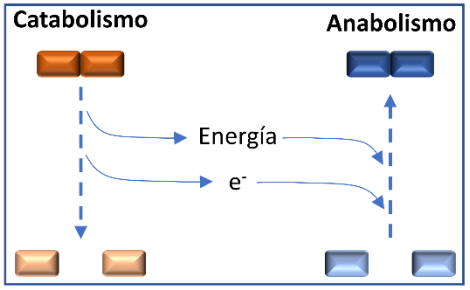
El **metabolismo** es el conjunto de **reacciones químicas y procesos energéticos** que ocurren en los seres vivos. Les permite obtener energía y renovar sus estructuras, procesos imprescindibles para su supervivencia.

Las **rutas o vías metabólicas** son procesos formados por cadenas de reacciones enzimáticas sucesivas (diferentes enzimas van transformando unas moléculas en otras).



CATABOLISMO Y ANABOLISMO:

- **Catabolismo:** Es el metabolismo que consiste en reacciones de **degradación** (descomposición) de moléculas orgánicas mediante su **oxidación** (pérdida de electrones, e^-). En estos procesos se liberan **energía** (En forma de **ATP**, **GTP**...) y **electrones** (recogidos por los transportadores de electrones como **NAD**, **FAD**, etc).
- **Anabolismo:** Es el metabolismo que comprende las reacciones de **síntesis** (formación) de moléculas orgánicas. Estas reacciones **requieren energía** (**ATP**), una fuente de **electrones** (transportadores reducidos como **NADH** o **$FADH_2$**) y **metabolitos sencillos**.



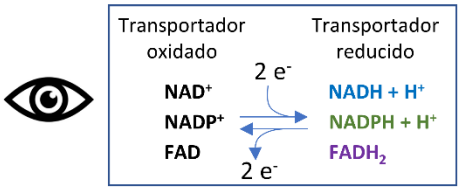
MAPA GENERAL

ELEMENTOS DEL METABOLISMO:

- **Metabolitos:** Son las moléculas que están siendo transformadas (degradadas o sintetizadas) en las rutas metabólicas.
- **Enzimas:** Son las proteínas o complejos proteicos responsables de catalizar las reacciones que ocurren en el metabolismo, permitiendo la transformación de unos metabolitos en otros.

3. Enzimas

- **Transportadores de electrones:** Son un tipo de dinucleótidos (**NADH**, **NADPH**, **$FADH_2$**...) capaces de captar los electrones de las moléculas que se oxidan (pierden e^-) y de cederlos a las que se reducen (ganan e^-). Pueden existir en dos estados de oxidación próximos que constituyen lo que se denomina par redox.



2. Aspectos energéticos

- **Moléculas con enlaces ricos en energía:** Las células utilizan principalmente **ATP** (adenosín trifosfato) como fuente de energía química útil. La energía se almacena en sus dos enlaces fosfato cuando éstos se forman y se libera para su uso cuando los enlaces se rompen. La célula también utiliza como almacén de energía otras moléculas como **GTP** o la **coenzima A**.

2. Aspectos energéticos

- **Moléculas extremas ambientales:** Son moléculas que se encuentran al inicio o final de un proceso metabólico y que proceden del ambiente celular o son cedidas a él. Son moléculas sencillas como **O_2**, **H_2O** y **CO_2**; o algo más complejas como **etanol** o **lactato**.

Figura 13 (continuación): Versión para impresión del material de estudio principal para la unidad de Metabolismo. Fuente: elaboración propia.

I CONCEPTOS CENTRALES

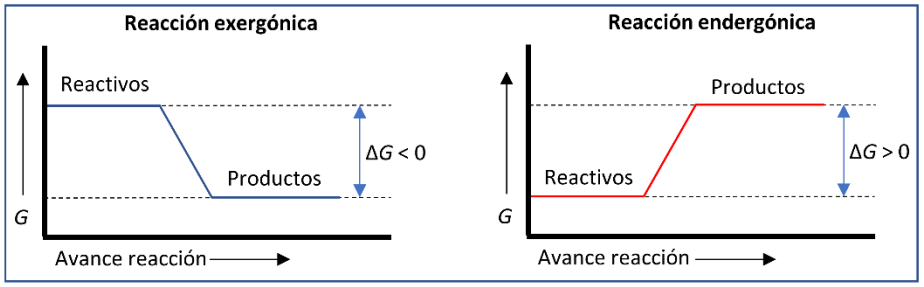
2. ASPECTOS ENERGÉTICOS

ENERGÍA LIBRE

Todos los procesos y sistemas del universo tienden espontáneamente hacia una situación de **menor energía potencial** (menos energía "útil" o utilizable") y **mayor entropía** (mayor grado de desorden). Los seres vivos pueden realizar sus funciones vitales y mantener su orden interno tomando energía de su ambiente y aumentando el desorden de su entorno (el resultado total de la actividad de los seres vivos sigue siendo un aumento de la entropía en el universo).

La **energía libre** (***G***) es la energía útil capaz de realizar un trabajo ("proceso", "cambio"…) en **condiciones constantes de presión y temperatura**, como ocurre en la célula. La **variación de energía libre** (**Δ*G***) de las reacciones de los seres vivos puede ser negativa (Δ*G* < 0), positiva (Δ*G* > 0) o nula (Δ*G* = 0) .

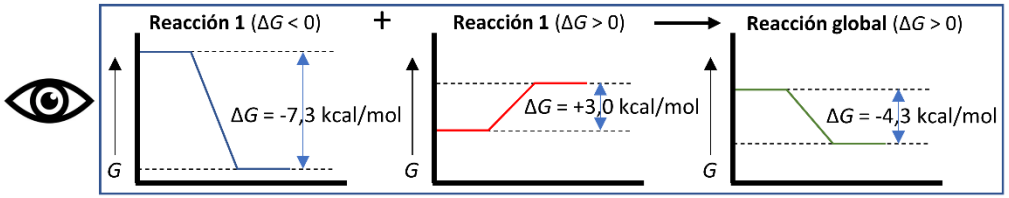
- **Δ*G*** < 0. **Reacción exergónica**: Los productos de la reacción contienen menos energía libre que los reactivos, por lo que se libera energía libre y se produce un aumento del desorden.
- **Δ*G*** > 0. **Reacción endergónica:** Los productos contienen más energía libre que los reactivos. Para que pueda producirse la reacción ésta necesita absorber energía libre.
- **Δ*G*** = 0. Sistema en equilibrio. La reacción ocurre en ambos sentidos sin liberación ni absorción de energía.



MAPA GENERAL

ACOPLAMIENTO ENERGÉTICO

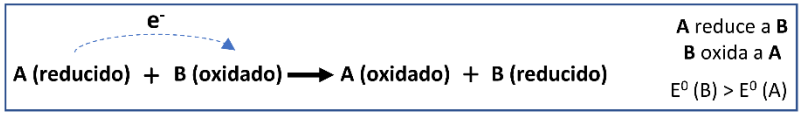
En los seres vivos pueden producirse reacciones endergónicas porque éstas absorben la energía liberada de las reacciones exergónicas. Esta propiedad se denomina **acoplamiento energético**.



El **ATP** es clave para el proceso de acoplamiento energético, absorbiendo energía durante la formación de sus enlaces fosfato y cediéndola posteriormente para otras reacciones. El **balance energético** es el número final de moléculas con enlaces ricos en energía (normalmente **ATP**) que se generan o se consumen en un proceso metabólico (por ejemplo, en la glucólisis se consumen 2 **ATP** y se generan otros 4, para un balance final de +2 **ATP**).

REACCIONES REDOX

En el metabolismo, las moléculas sufren procesos de **oxidación** (pérdida de electrones) y **reducción** (ganancia de e^-). Para que una molécula pierda o gane e^-, otra diferente debe aceptarlos o cederlos. Estos procesos se denominan **redox** (reducción-oxidación), porque siempre se **oxida** una molécula al mismo tiempo que otra se **reduce**. Para que se de un proceso redox, la molécula que acepta los e^- ha de estar oxidada y la que los cede ha de estar reducida. Además la molécula que capta los e^- ha de tener un mayor **potencial de reducción** (E^0) que la que los cede. E^0 es un valor que indica la tendencia o la facilidad a captar e^-.



En una **cadena redox**, los e^- se mueven pasando por varios transportadores de e^- en un orden específico (de menor a mayor E^0).

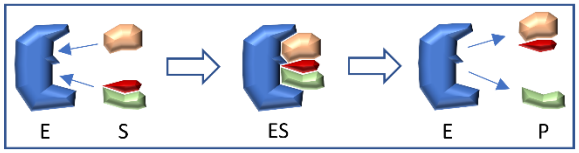
Figura 14 (continuación): Versión para impresión del material de estudio principal para la unidad de Metabolismo. Fuente: elaboración propia.

I CONCEPTOS CENTRALES

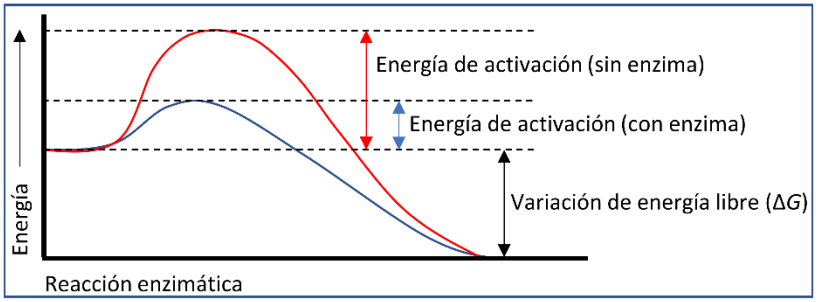
3. ENZIMAS

MODO DE ACCIÓN DE LAS ENZIMAS:

- Catalizan reacciones bioquímicas transformando moléculas iniciales (**sustrato**, S) en moléculas finales (**producto**, P). Para ello, el sustrato se une transitoriamente al **centro activo** de la enzima (donde ocurre la reacción), formándose el **complejo enzima-sustrato** (ES).



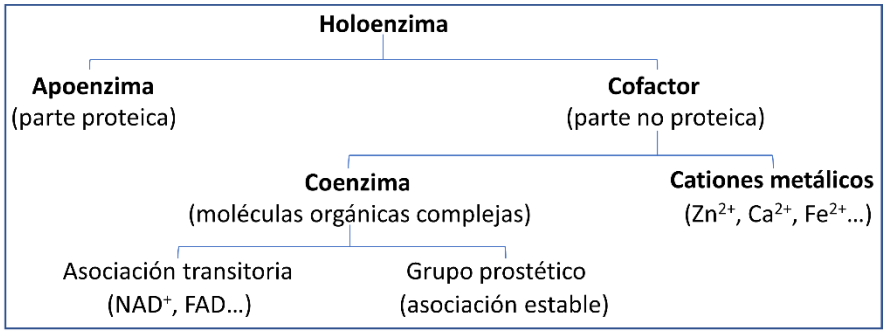
- Las enzimas son **específicas** de la reacción que catalizan. La conformación tridimensional del centro activo es complementaria a la estructura del sustrato.
- Aunque un proceso sea energéticamente favorable ($\Delta G < 0$), para que la reacción tenga lugar se requiere una determinada **energía de activación**. Las enzimas disminuyen la energía de activación de la reacción, aumentando su velocidad.
- No cambian el **signo** ni la cantidad de **variación de energía libre** (ΔG) de la reacción.
- No modifican el **equilibrio de la reacción**, aceleran la llegada al mismo.
- Al finalizar la reacción, no se alteran (degradan o consumen) y **continúan funcionando.**



MAPA GENERAL

COMPOSICIÓN DE LAS ENZIMAS:

Las enzimas son generalmente **proteínas** (existen algunas enzimas formadas por RNA llamadas **ribozimas**). En ocasiones, las enzimas se asocian con otras moléculas no proteicas que son **necesarias** para su actividad (como transportadores de e^-). Estas asociaciones se denominan **holoenzimas** y se dividen en las siguientes partes:



INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y EL pH EN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA:

- Las enzimas tienen un **rango de temperatura** optimo para su actividad. A temperaturas muy elevadas comienzan a perder su estructura terciaria o cuaternaria y pierden su actividad inactivándose (esto sucede a 50 o 60 ºC para la mayoría).
- Las enzimas también tienen un **rango de pH** óptimo. Variaciones en el pH alteran las cargas eléctricas, modificando la estructura de la enzima y anulando su actividad. El pH óptimo puede ser muy variable dependiendo de la enzima.

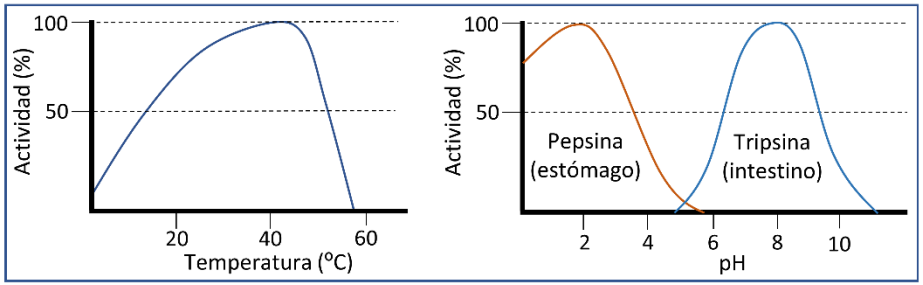


Figura 15 (continuación): Versión para impresión del material de estudio principal para la unidad de Metabolismo. Fuente: elaboración propia.

I CONCEPTOS CENTRALES

MAPA GENERAL

4. TIPOS DE NUTRICIÓN

El tipo de nutrición de los seres vivos depende de los siguientes aspectos:

FUENTE DE CARBONO
Dependiendo del origen del carbono para construir el esqueleto carbonado de sus moléculas, los organismos pueden ser:

- **Autótrofos**: Obtienen el C del el CO_2 ambiental.
- **Heterótrofos**: Obtienen el carbono de moléculas orgánicas sencillas.

FUENTE DE ELECTRONES
Dependiendo de la fuente original de los electrones necesarios para reducir las moléculas orgánicas (reacciones anabólicas), los organismos pueden ser:

- **Litótrofos**: Los electrones proceden de moléculas sencillas como H_2O o H_2S.
- **Organótrofos**: Los electrones proceden de moléculas orgánicas complejas.

FUENTE DE ENERGÍA
Dependiendo del origen de la energía necesaria para realizar los procesos de reducción y las funciones celulares, los organismos puede ser:

- **Fotótrofos**: Utilizan la luz directamente como fuente de energía.
- **Quimiótrofos**: Obtienen energía química a partir de moléculas orgánicas.

ACEPTOR ÚLTIMO DE ELECTRONES
En las reacciones de oxidación (catabolismo) que permiten obtener energía para la síntesis de biomoléculas y el mantenimiento de los procesos celulares, se requiere una última molécula aceptora con un alto potencial de reducción (E^0) que recoja los electrones que se han transportado por las cadenas redox. Según el tipo de aceptor de electrones los organismos pueden ser:

- **Aerobios**: El oxigeno molecular es el último aceptor de electrones.
- **Anaerobios**: El último aceptor de electrones es una molécula distinta al oxígeno.

Los organismos también necesitan un suministro ambiental de **agua**, **sales minerales** y **nitrógeno**.

Los seres vivos combinan los aspectos anteriores para producir la siguiente clasificación:

	Fotótrofos	**Quimiótrofos**
Litótrofos y Autótrofos	**FOTOLITÓTROFOS** • VEGETALES CON CLOROFILA • Bacterias fotosintéticas del azufre	**QUIMIOLITÓTROFOS** • Bacterias quimisintéticas
Organótrofos y Heterótrofos	**FOTOORGANÓTROFOS** • Bacterias purpúreas no sulfurosas	**QUIMIOORGANÓTROFOS** • ANIMALES • HONGOS • Multitud de bacterias

La clasificación se puede aplicar a **organismos completos** y a **células individuales**. En los vegetales mas evolucionados, las células con cloroplastos son autótrofas fotolitótrofas, mientras que las células de las raíces y tejidos de reserva son heterótrofas quimioorganótrofas.

Figura 16 (continuación): Versión para impresión del material de estudio principal para la unidad de Metabolismo. Fuente: elaboración propia.

II CATABOLISMO

1. INTRODUCCIÓN AL CATABOLISMO

El **catabolismo** son los procesos de **degradación oxidativa** de **moléculas orgánicas** para obtener **energía** con la que realizar las funciones celulares (como, por ejemplo, sintetizar nuevas moléculas en las reacciones anabólicas).

En estas reacciones de oxidación, el aceptor final de los electrones puede ser el oxígeno (**respiración aerobia**) u otras moléculas orgánicas (**fermentación**).

En esta sección vamos a estudiar las rutas de oxidación de la **glucosa** y los **ácidos grasos**, resumidas a continuación.

ELEMENTOS PRINCIPALES:

- **Glucosa**
- **Piruvato**
- **Acetil-CoA**
- **Ácidos grasos**
- **Acil-CoA**
- **Complejos cadena respiratoria**
- **ATP sintasa**
- **Etanol**
- **Lactato**
- **NADH**
- **$FADH_2$**
- **ATP**

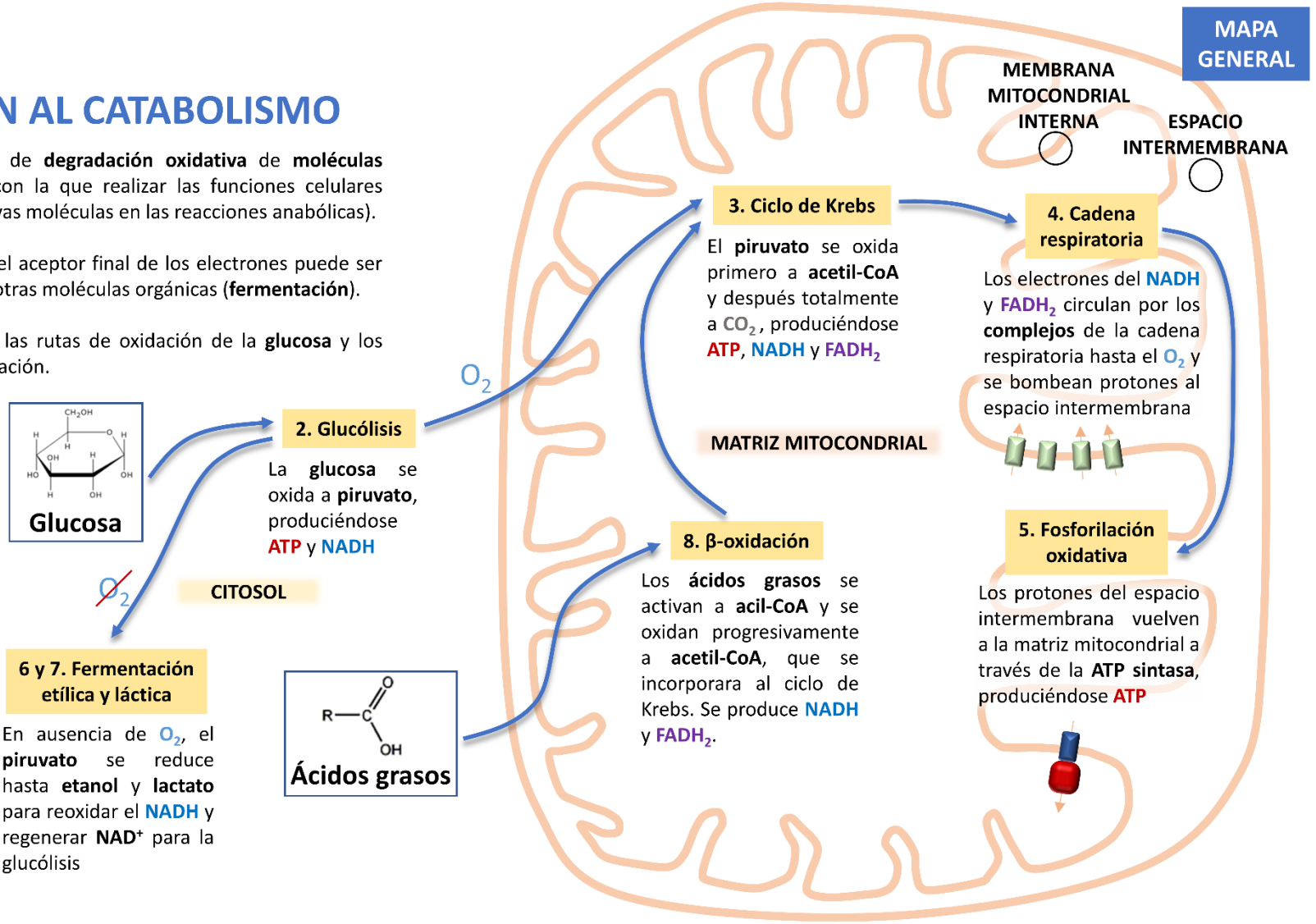


Figura 17 (continuación): Versión para impresión del material de estudio principal para la unidad de Metabolismo. Fuente: elaboración propia.

II CATABOLISMO

2. GLUCÓLISIS

Ruta de Embden-Mayerhof

Localización:
Citosol (de procariotas a eucariotas)

En la glucólisis, una molécula de **glucosa** (C_6) se oxida a 2 de **piruvato** (C_3), sin necesidad de oxígeno. La mayoría de las reacciones son reversibles (las reacciones 6 a 10 se dan por duplicado). El **piruvato** continuará su oxidación en el ciclo de Krebs o mediante fermentación.

Se consumen 2 **ATP** para iniciar el proceso, pero posteriormente se producen 4 **ATP** y 2 **NADH** (Balance total +2 **ATP**).

Para que la reacción continúe, el **NADH** ha de reoxidarse a **NAD^+**. Existen dos posibles vías para ello:

- **Condiciones aeróbias**: El **NADH** cederá los electrones a la cadena respiratoria en el proceso de la respiración aerobia. Para ello, primero ha de transferirlos a un **$FADH_2$** mediante la lanzadera de dihidroxiacetona (DHAP), que permite el transporte de los electrones al interior de la mitocondria.
- **Condiciones anaerobias**: El **NADH** se reoxida mediante la reducción del **piruvato** en una fermentación.

Balance total glucólisis

Glucosa + 2 ADP + 2 P_i + 2 NAD^+
↓
2 Piruvato + 2 NADH + H^+ + 2 ATP + 2 H_2O

Lanzadera de DHAP

3. Ciclo de Krebs | **6. Fermentación etílica** | **7. Fermentación láctica** | **4. Cadena respiratoria**

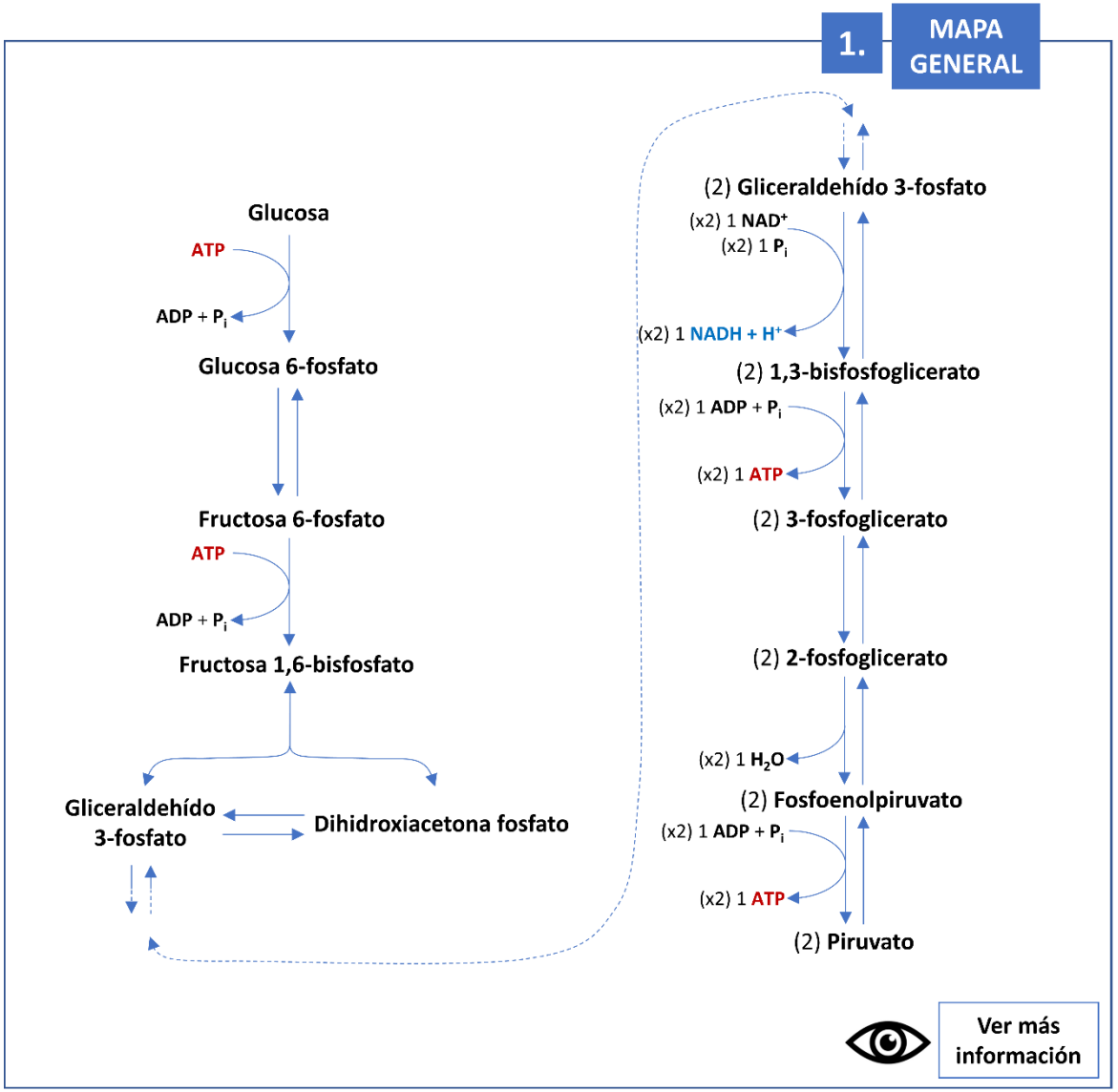


Figura 18 (continuación): Versión para impresión del material de estudio principal para la unidad de Metabolismo. Fuente: elaboración propia.

II CATABOLISMO

3. CICLO DE KREBS

Ciclo de los ácidos tricarboxílicos o del ácido cítrico

Localización:
Matriz mitocondrial

El **piruvato** puede oxidarse totalmente a CO_2 y H_2O en el proceso de la respiración celular aerobia (ciclo de Krebs + cadena respiratoria).

Primero, el **piruvato** (C_3) entra en la mitocondria y sufre una descarboxilación oxidativa y una activación mediante unión al coenzima-A (HS-CoA), produciéndose **Acetil-CoA** (C_2), 1 **NADH** y 1 CO_2.

En el ciclo de Krebs, el **Acetil-CoA** (C_2) se une al **oxalacetato** (C_4) para formar **citrato** (C_6), que se oxidará progresivamente para producir 2 CO_2, 3 **NADH**, 1 $FADH_2$ y 1 **GTP** (que transferirá su grupo fosfato al **ADP** para producir **ATP**). El **oxalacetato** se regenera en cada ciclo.

Por cada **glucosa** (C_6) que se oxidó en la glucólisis se necesitan dos vueltas del ciclo de Krebs para oxidar los 2 **piruvatos** (C_3) que se produjeron.

Los **NADH** y $FADH_2$ producidos en la descarboxilación oxidativa del piruvato y el ciclo de Krebs transferirán sus electrones a la cadena respiratoria para la síntesis de **ATP**.

Balance total ciclo de Krebs

Acetil-CoA + 1 GDP + P_i + 3 NAD^+ + 1 FAD^+

↓

2 CO_2 + 3 **NADH + H^+** + 1 $FADH_2$ + 1 **GTP (ATP)**

↓

4. Cadena respiratoria

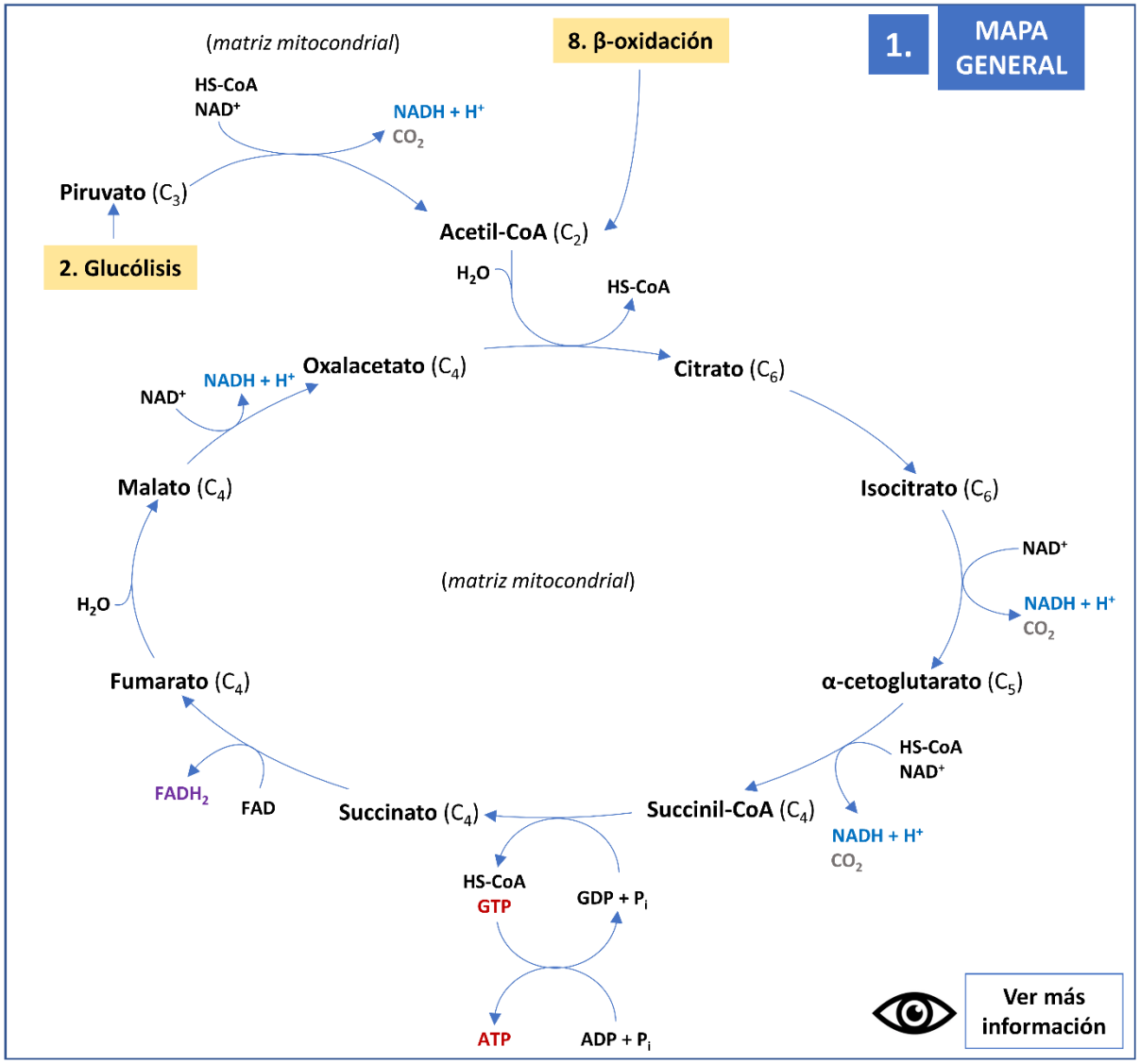


Figura 19 (continuación): Versión para impresión del material de estudio principal para la unidad de Metabolismo. Fuente: elaboración propia.

II CATABOLISMO

1. MAPA GENERAL

4. CADENA RESPIRATORIA

Localización:
Membrana mitocondrial interna

Mediante la oxidación de la **glucosa** en la glucólisis y el ciclo de Krebs se obtiene una pequeña cantidad de energía en forma de **ATP**. La mayor parte de la energía esta contenida en los transportadores **NADH** y **$FADH_2$**, que han recogido los electrones liberados de la oxidación.

El **NADH** producido en la glucólisis transfiere sus electrones para formar **$FADH_2$** en el interior de la mitocondria por medio de la lanzadera de dihidroxiacetona (DHAP).

El **NADH** y **$FADH_2$** obtenidos mediante la glucólisis, el ciclo de Krebs o la β-oxidación ceden sus electrones a la cadena respiratoria (una cadena redox). Ésta está formada por 4 **complejos** multiproteicos (**I**, **II**, **III** y **IV**) y los transportadores de electrones **ubiquinona** y **citocromo C** (Cit C).

El **NADH** y el **$FADH_2$** ceden sus electrones a los **Complejos I** y **II** respectivamente, y estos los ceden a la **ubiquinona**. Los electrones se transfieren sucesivamente a aceptores con cada vez mayor potencial de reducción (E^0). Pasan de la **ubiquinona** al **Complejo III**, al **citocromo C** y al **Complejo IV**. Finalmente el **Complejo IV** cede los electrones al **O_2** (máximo E^0 de la cadena) para formar **H_2O**.

Los electrones se mueven cada vez a niveles energéticos inferiores y liberando energía. Ésta se utiliza para bombear protones desde la matriz mitocondrial al espacio intermembrana en los **Complejos I**, **III** y **IV**, generando un gradiente electroquímico.

El gradiente de protones se utiliza para la producción de **ATP** mediante la fosforilación oxidativa.

5. Fosforilación oxidativa

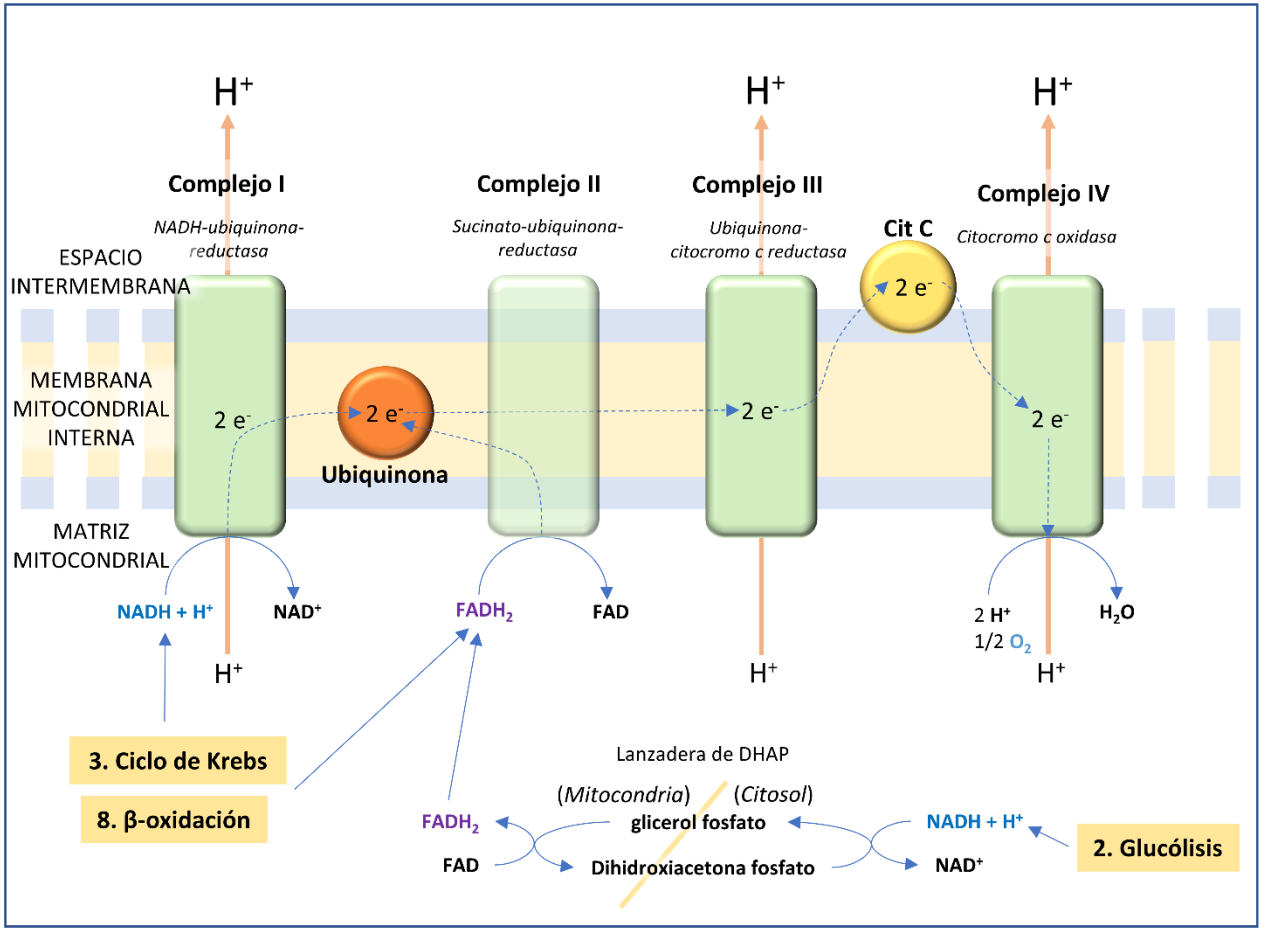


Figura 20 (continuación): Versión para impresión del material de estudio principal para la unidad de Metabolismo. Fuente: elaboración propia.

II CATABOLISMO

5. FOSFORILACIÓN OXIDATIVA

Localización:
Membrana mitocondrial interna

El gradiente de protones generado por los complejos de la cadena respiratoria se emplea en la fosforilación oxidativa para generar **ATP** mediante un mecanismo denominado acoplamiento quimiosmótico.

La síntesis de **ATP** es llevada a cabo por el complejo enzimático **ATP sintasa**. Está formado por una porción F_0 anclada en la membrana mitocondrial interna y una porción F_1 situada hacia la matriz mitocondrial. La ATP sintasa contiene canales a través de los cuales pueden circular los protones.

El gradiente de protones generado entre ambos lados de la membrana mitocondrial interna hace que estos fluyan pasivamente desde el espacio intermembrana a la matriz mitocondrial a través de la **ATP sintasa**. Este flujo de protones (fuerza protomotriz) produce una rotación en el complejo **ATP sintasa**, que cataliza la síntesis de **ATP** a partir de **ADP** y P_i.

Por cada molécula de **NADH** y $FADH_2$ que cede sus 2 electrones a la cadena respiratoria, se calcula que se pueden producir un máximo de 3 y 2 **ATP** respectivamente. Por cada molécula de glucosa que se oxida completamente se puede obtener un máximo de 36 **ATP**, mucho más de los 2 **ATP** que se obtienen solo de la glucólisis durante la fermentación.

Balance respiración celular (1 glucosa)

Glucólisis	2 ATP →	2 ATP
	2 NADH → 2 $FADH_2$ → 2 x 2 ATP	4 ATP
Descarboxilación oxidativa de 2 piruvato	2 NADH → 2 x 3 ATP	6 ATP
Ciclo de Krebs (2 acetil-CoA)	2 ATP →	2 ATP
	6 NADH → 6 x 3 ATP	18 ATP
	2 $FADH_2$ → 2 x 2 ATP	4 ATP
		36 ATP

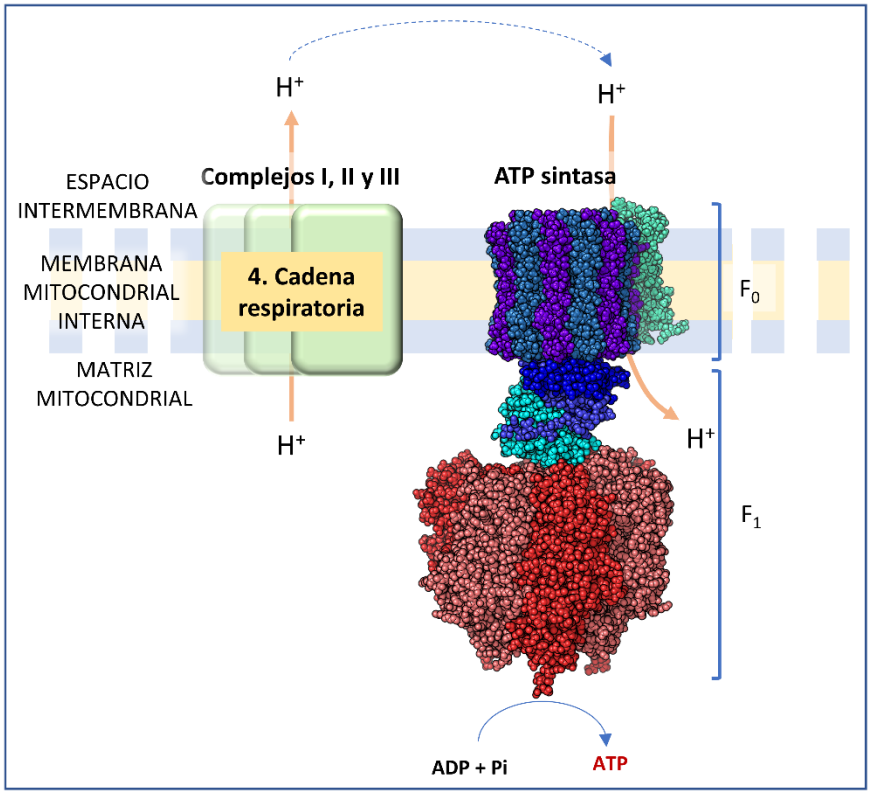


Figura 21 (continuación): Versión para impresión del material de estudio principal para la unidad de Metabolismo. Fuente: elaboración propia.

II CATABOLISMO

6. FERMENTACIÓN ETÍLICA

Localización:
Citosol

Las fermentaciones se dan en condiciones anaerobias cuando el último aceptor de los electrones en el catabolismo son moléculas orgánicas sencillas, en lugar del oxígeno. Se trata de oxidaciones incompletas que reoxidan el **NADH** para continuar con la glucólisis.

La fermentación etílica podemos encontrarla en células vegetales, levaduras y bacterias. Primero el **piruvato** sufre una descarboxilación para producir CO_2 y **acetaldehído**. Éste se reduce a **etanol**, reoxidando el **NADH** a **NAD⁺**. El último aceptor de electrones es el acetaldehído.

Efector Pasteur: En levaduras (aerobios facultativos), en presencia de O_2 la **glucosa** se oxida completamente a CO_2 y H_2O mediante la respiración aerobia en lugar de utilizar la fermentación.

- **Organismos conocidos importantes**: *Saccharomyces cerevisiae* (levadura).
- **Usos industriales**: Producción de pan (se aprovecha el CO_2) y bebidas alcohólicas (se aprovecha el etanol).

Balance fermentación etílica (+ glucólisis)

Glucosa + 2 ADP + 2 P_i → 2 **Etanol** + 2 **ATP** + 2 CO_2

7. FERMENTACIÓN LÁCTICA

Localización:
Citosol

La fermentación láctica podemos encontrarla en células musculares y en numerosos tipos de bacterias.

El **piruvato** se reduce a **lactato** para reoxidar el **NADH** a **NAD⁺**, siendo el piruvato el último aceptor de electrones.

- **Organismos conocidos importantes**: Bacterias del género *Lactobacillus.*
- **Usos industriales**: Producción de productos lácticos (Leche fermentada, yogur, queso…)

Balance fermentación láctica (+ glucólisis)

Glucosa + 2 ADP + 2 P_i → 2 **Lactato** + 2 **ATP**

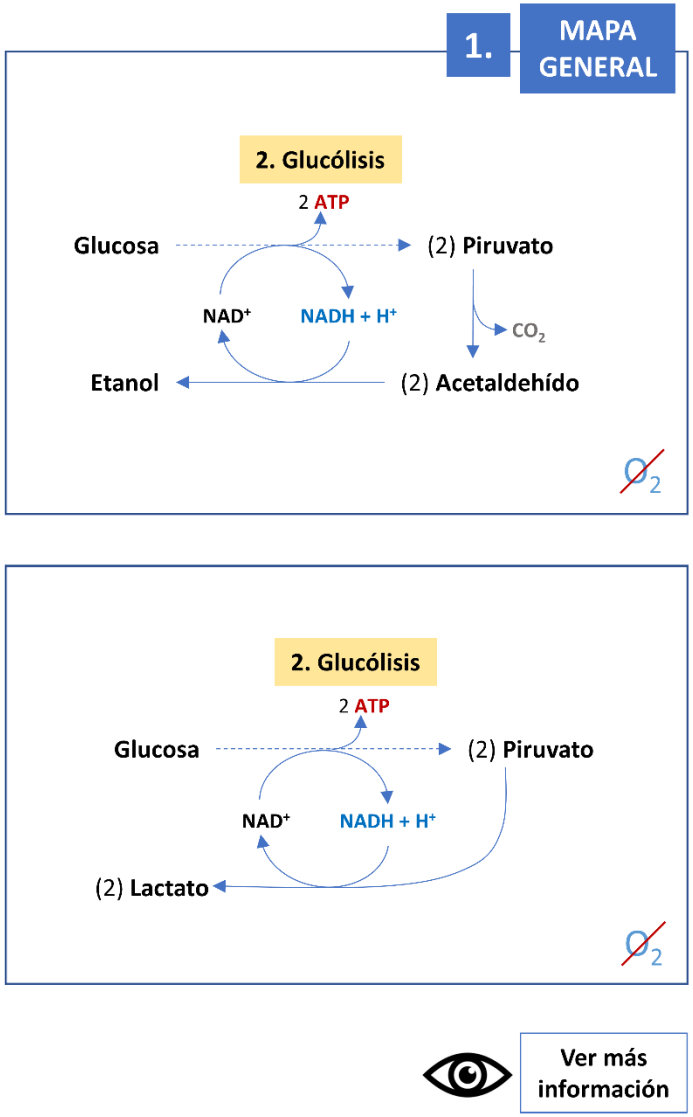


Figura 22 (continuación): Versión para impresión del material de estudio principal para la unidad de Metabolismo. Fuente: elaboración propia.

II CATABOLISMO

8. β-OXIDACIÓN

Hélice de Lynen

Localización:
Matriz mitocondrial

Los **ácidos grasos** son una importante reserva de energía. Su oxidación comienza con la hidrolisis en el citosol de los **triacilglicéridos** en **ácidos grasos** y **glicerol** por medio de las *lipasas*.

El **glicerol** se transforma en el citosol en **gliceraldehído 3-fosfato**, que puede incorporarse a la glucólisis o utilizarse para sintetizar otras moléculas como glucosa. En las reacciones para la transformación se consume 1 **ATP** y se genera 1 **NADH**.

Los **ácidos grasos** se activan a **acil-CoA** con un consumo equivalente a 2 **ATP** y entran en la matriz mitocondrial mediante el transportador de carnitina. El **acil-CoA** se oxida progresivamente en la β-oxidación, produciéndose en cada vuelta del ciclo 1 **NADH**, un **$FADH_2$**, 1 **acetil-CoA** (C_2) y un **acil-CoA** con 2 carbonos menos (C_{n-2}), que vuelve a oxidarse en el ciclo. Por tanto, en cada vuelta del ciclo se liberan unidades de 2 carbonos (acetil-CoA).

Para la oxidación de un acil-CoA de n carbonos se requieren (n-2)/2 vueltas.

El **acetil-CoA** generado se oxidará en el ciclo de Krebs y los **NADH** y **$FADH_2$** cederán sus electrones a la cadena respiratoria para la síntesis de **ATP**.

Balance total β-oxidación

Acil-CoA (C_n) + (n-2)/2 **NAD^+** + (n-2)/2 **FAD^+**

n/2 **Acetil-CoA** + (n-2)/2 **NADH + H^+** + (n-2)/2 **$FADH_2$**

3. Ciclo de Krebs

4. Cadena respiratoria

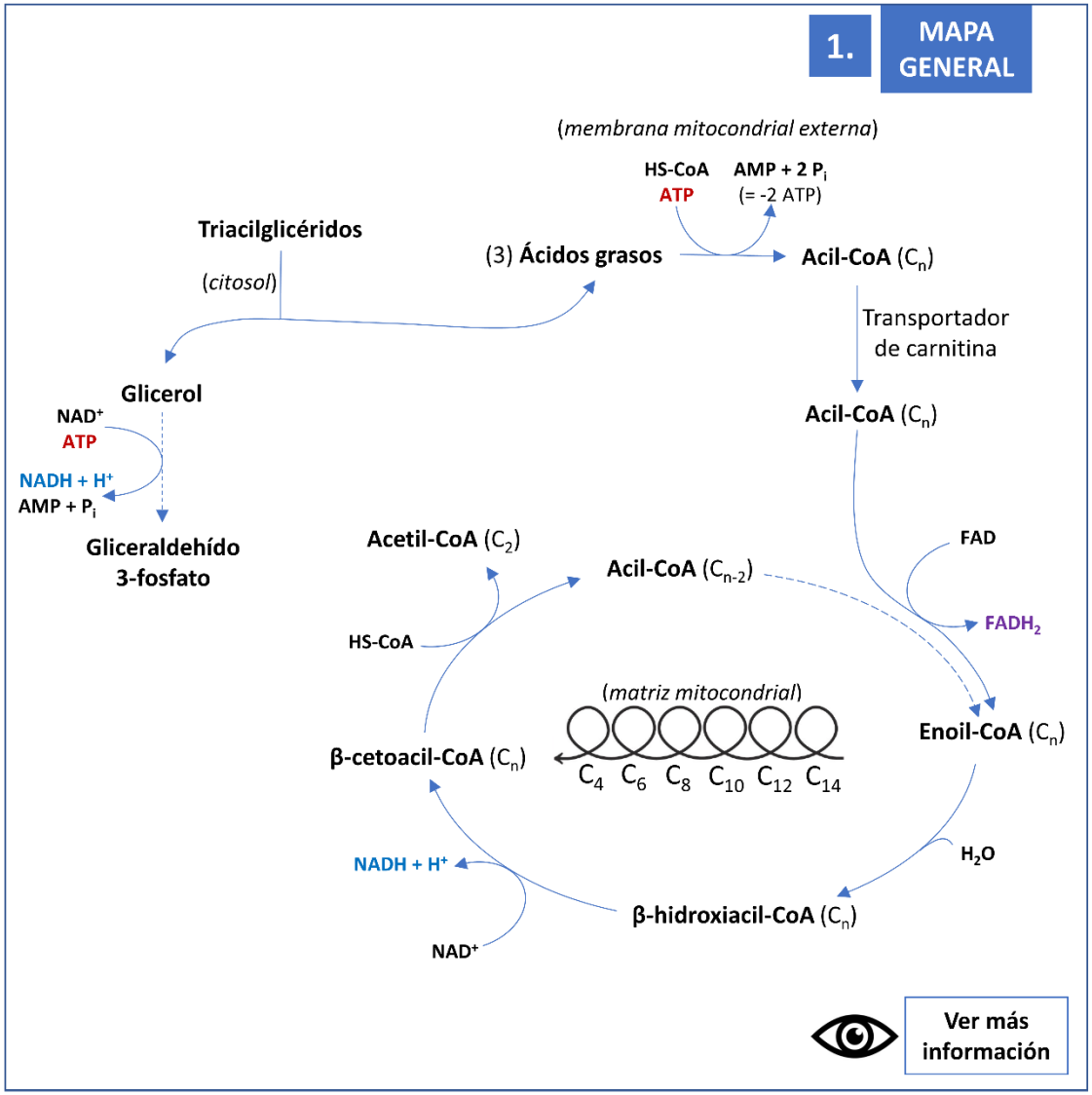


Figura 23 (continuación): Versión para impresión del material de estudio principal para la unidad de Metabolismo. Fuente: elaboración propia.

PARA EL PRESENTE TFM SE HAN DESARROLLADO A MODO DE EJEMPLO LOS PUNTOS I Y II DE LA UNIDAD DE METABOLISMO

Figura 24 (continuación): Versión para impresión del material de estudio principal para la unidad de Metabolismo. Fuente: elaboración propia.