



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Máster Universitario en Formación del Profesorado de
Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación
Profesional y Enseñanzas de Idiomas

Aproximación a la teoría neodarwinista desde una metodología ABP para Biología de 2º de Bachillerato

Trabajo fin de estudio presentado por:	Andrés París Muñoz
Tipo de trabajo:	Propuesta de intervención
Especialidad:	Biología y Geología
Director/a:	Fernando Morcillo de Amuedo
Fecha:	05/01/2023

Resumen

Los adolescentes que cursan 2º de Bachillerato necesitan encontrar una fuerte motivación para aprender todos los contenidos relacionados con sus asignaturas, como Biología. El problema es que la mayoría de los procesos de aprendizaje que tienen lugar durante este período se basan en lecciones clásicas de transmisión y repetición. Sin embargo, desde hace un par de décadas, para impulsar la motivación en el estudiante, están surgiendo nuevas perspectivas prometedoras en el ámbito educativo, por ejemplo, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Esta metodología innovadora fue diseñada en la universidad con el fin de inducir un aprendizaje significativo en los estudiantes y mejorar su capacidad para resolver problemas complejos y desconocidos de la vida real.

En el presente Trabajo, exploramos la posibilidad de diseñar una propuesta de ABP para el 2º curso de Biología en Bachillerato, centrándonos en los contenidos sobre Evolución y Genética. Específicamente, propondremos actividades de ABP —utilizando las TIC desde una perspectiva colaborativa— para cambiar posibles percepciones erróneas relacionadas con la evolución.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Problemas, 2º de Bachillerato, Biología, Evolución, Genética.

Abstract

Teenagers that face 2nd year of Bachillerato need to find a strong motivation in order to learn all content related with their subjects, such as Biology. The problem is that most of the learning processes that take place during this period are based on Classical Transmission and Repetition lessons. However, since a couple of decades ago, to boost the motivation on the student, new promising perspectives are arising in the educational field, for example, the Problem Based Learning (PBL). This innovative methodology was designed at university in order to induce a significative learning in students and improve their capacity to solve complex and unknown real-life problems.

In the present dissertation, we explore the possibility to design a PBL proposal for 2º year of Bachillerato Biology students, focusing on Evolution and Genetics contents. Specifically, we will propose PBL activities — using ICT from a collaborative perspective— to change possible misperceptions related with evolution.

Keywords: Problem Based Learning, 2º year of Bachillerato, Biology, Evolution, Genetics.

Índice de contenidos

1. Introducción	8
1.1. Planteamiento del problema y justificación	8
1.2. Objetivos	11
1.2.1. Objetivo general.....	11
1.2.2. Objetivos específicos.....	11
2. Marco teórico	12
2.1. Modelo tradicional vs. constructivista.....	12
2.2. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).....	14
2.3. Importancia y ventajas del ABP en la enseñanza.....	14
2.4. Limitaciones y desventajas del ABP en la enseñanza.....	15
2.5. Fases del ABP.....	16
2.6. Papel del profesor y el alumno en ABP.....	17
2.6.1. Papel del profesor (tutor) en el ABP.....	17
2.6.2. Papel del alumno en el ABP.....	18
2.7. Evaluación del ABP	18
2.8. Precedentes de ABP en ciencias de educación secundaria.....	19
2.9. El problema de la evolución darwinista en la educación secundaria.....	20
3. Propuesta de intervención	21
3.1. Presentación de la propuesta	21
3.2. Contextualización de la propuesta	21
3.2.1. Contexto educativo	21
3.2.2. Contexto legislativo.....	22
3.3. Intervención en el aula	23
3.3.1. Objetivos	23

3.3.2.	Competencias.....	24
3.3.3.	Contenidos	25
3.3.4.	Metodología.....	27
3.3.5.	Cronograma y secuenciación de actividades.....	28
3.3.6.	Recursos.....	40
3.3.7.	Evaluación	41
3.3.8.	Atención a la diversidad	45
3.4.	Evaluación de la propuesta	46
4.	Conclusiones.....	47
5.	Limitaciones y prospectiva	49
	Referencias bibliográficas	51

Índice de figuras

Figura 1. <i>Cronograma de la intervención planteada. Relación de sesiones y actividades ABP...</i>	28
Figura 2. <i>Fotografía microscópica de Euglena gracilis. Se señalan el “proto-ojo” y el flagelo motil.....</i>	30
Figura 3. <i>Secuencias (estructura primaria) de la proteína hemoglobina en tres especies: Gallus gallus, Gorilla gorilla y Homo sapiens. El número indica la posición. Se lee de izquierda a derecha.....</i>	35
Figura 4. <i>Fotograma del experimento de Harvard 2016 en el que se señalan poblaciones de bacterias creciendo en abanico hacia el centro de la placa. Los números indican la concentración de antibiótico.....</i>	38

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Relación entre contenidos curriculares y objetivos didácticos</i>	26
Tabla 2. <i>Relación entre contenidos curriculares, criterios de evaluación, objetivos didácticos y competencias ABP1</i>	33
Tabla 3. <i>Relación entre las sesiones, su organización, los recursos y lugares empleados ABP1</i>	33
Tabla 4. <i>Relación entre contenidos curriculares, criterios de evaluación, objetivos didácticos y competencias ABP2</i>	36
Tabla 5. <i>Relación entre las sesiones, su organización, los recursos y lugares empleados ABP2</i>	36
Tabla 6. <i>Relación entre contenidos curriculares, criterios de evaluación, objetivos didácticos y competencias ABP3</i>	39
Tabla 7. <i>Relación entre las sesiones, su organización, los recursos y lugares empleados ABP3</i>	39
Tabla 8. <i>Relación entre contenidos curriculares, criterios de evaluación, objetivos didácticos y competencias ABP Final</i>	40
Tabla 9. <i>Relación entre las sesiones, su organización, los recursos y lugares empleados ABP Final</i>	40
Tabla 10. <i>Rúbricas de los elementos evaluables y su nivel de consecución. El número indica el valor del sobresaliente</i>	42-44
Tabla 11. <i>Relación entre las técnicas de evaluación, los criterios de evaluación, competencias y su calificación</i>	45

1. Introducción

En España, desde la aprobación de la LOGSE (Ley Orgánica 1/1990) —una de las reformas educativas de mayor impacto en la organización del proceso formal de enseñanza-aprendizaje—, paulatinamente, se ha ido perfilando la necesidad de que los docentes de educación secundaria (ESO y Bachillerato) no sólo tengan una formación en una especialidad del conocimiento, sino, además, una formación pedagógica. Así, la figura del profesor de secundaria, desde el siglo XX hasta nuestros días, habría evolucionado desde una concepción basada en la mera transmisión experta de conocimientos; hacia una noción que incluye, adicionalmente, una continua y necesaria reflexión sobre la naturaleza del fenómeno de enseñanza-aprendizaje, en pos de mejorar el desarrollo, a todos los niveles, de los discentes.

Esta deriva educativa y conceptual, a fin de garantizar la adquisición de unas mínimas competencias pedagógicas por parte de los nuevos docentes en formación, tuvo algunas manifestaciones en el marco legal. Por ejemplo, desde la entrada en vigor de la LOE (Ley Orgánica 2/2006), se exige a los profesores en ciernes, para poder habilitarse en la práctica, la culminación de una formación de postgrado, o lo que es lo mismo, la realización de un Máster Universitario en Formación del Profesorado. Y es que como apuntan algunos autores: la formación inicial y permanente del cuerpo docente es uno de los principales motores de promoción y evolución de las sociedades modernas del siglo XXI (Reyes, 2010). Como parte fundamental de dicho Máster, el Trabajo Final ofrece una valiosa oportunidad para explorar y proponer una forma de intervención en el hecho educativo que engrose el cuerpo de iniciativas pedagógicas, para educación secundaria, dentro de un marco teórico, en respuesta a una problemática. Pero ¿qué justifica y a qué problema responde, concretamente, el presente Trabajo Final de Estudios?

1.1. Planteamiento del problema y justificación

Las profundas transformaciones sociales, a todos los niveles, que acompañaron al cambio de milenio también afectaron, indudablemente, al modelo educativo. El modelo educativo tradicional en el que el discente era un receptor pasivo de unos contenidos repetidos hasta la extenuación, esto es, el modelo en el que el estudiante de secundaria era un mero espectador de su propio aprendizaje, en una de las etapas más cruciales de su vida, ha quedado obsoleto (Ramírez, 2018). Esto es así en tanto que —ante un escenario en que la información generada

y disponible es cada vez más abundante— es necesario desarrollar un sentido crítico de la realidad y una reflexión profunda del saber y, particularmente, de la ciencia, a fin de poder formar a futuros ciudadanos plenamente conscientes del mundo contemporáneo y tecnológico que les rodea. Tanto es así que una de las competencias fundamentales: la competencia científica y tecnológica —cuya adquisición es uno de los objetivos primarios del actual sistema educativo— debería tener, como cabría esperar, un papel central en las materias de ciencia. Pero ¿qué clase de problemas ha originado la educación tradicional?

Tantos años promoviendo un modelo educativo tradicional han desembocado, como vestigio, en que, en muchas ocasiones, la principal preocupación del cuerpo docente no sea el desarrollo integral del individuo discente; sino la adquisición de una serie de conocimientos memorísticos que garanticen el acceso a la siguiente etapa educativa. Este hecho, especialmente llamativo en la etapa de 2º de Bachillerato, se traduce en la imposición de unos contenidos curriculares demasiado extensos que, como señalan algunos autores, no parecen dejar espacio a la verdadera realización del individuo en su dimensión crítica, reflexiva y competencial (Rubio, 2015). En otras palabras, los alumnos serían incapaces de vincular y asociar la ciencia a su entorno cotidiano. En esta línea, tal y como señalan Pozo y Gómez (2006), los alumnos del siglo XXI que basan su aprendizaje en la memorización presentarían una clara tendencia a la resolución mecánica de problemas y, como consecuencia, serían dificultades para la resolución de nuevas preguntas en las que el uso de procesos cognitivos extensivos, como la extrapolación, sea necesario.

Además, el hecho de que cada clase pueda ser percibida —por parte de los alumnos— como un mero trámite para acceder al siguiente nivel educativo —como una entidad individual y aislada del resto de clases, materias y conocimientos— podría propiciar un clima de desmotivación en el aula que entorpeciese el aprendizaje. Frente a esto, como indica Ortiz (2015), sería necesario abordar las sesiones de una forma más holística e interconectada, para así aumentar la afinidad entre el agente y el objeto de estudio.

Finalmente, otro de los factores que podría entorpecer el aprendizaje significativo de las ciencias de los alumnos es la acumulación de una serie de ideas previas y fijas incompletas o equivocadas que podrían chocar con la nueva información recibida (Campanario y Otero, 2000). De hecho, numerosos estudios apuntan a que la mayoría de preconceptos previos de nuestros estudiantes son erróneos (Jiménez, 2009). De ahí que se haya planteado, desde el

constructivismo, la posibilidad de orientar el proceso de enseñanza aprendizaje hacia el cambio de concepto, para así fomentar un aprendizaje más significativo y profundo de las ciencias (Caballero, 2008; Martín, 2017).

Frente a un aprendizaje puramente memorístico de la ciencia basado en la transmisión de una sucesión de dogmas impuestos como verdaderos e inmutables, donde no hay cabida para la reflexión crítica de la ciencia (Jiménez, 2000); poco a poco empiezan a imponerse nuevos modelos educativos más efectivos, a saber: el modelo expositivo, el cual es una forma refinada del tradicional (Merino, 2007); y, en mayor medida, aquellos modelos basados en el constructivismo: tanto en su faceta de aprendizaje significativo, como en su faceta de cambio de concepto (Banet, 2000).

En este contexto constructivista, precisamente, han surgido nuevas metodologías en la docencia de las ciencias que pretenden superar las limitaciones del modelo tradicional. Una de estas nuevas metodologías, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), busca que el estudiante desarrolle su propio aprendizaje (aprendizaje autodirigido) a través de la resolución de un problema o cuestión con una clara conexión con el mundo real (Yew, 2016). El aprendizaje se fomenta, por tanto, desde lo que el alumno ya sabe, hacia lo que puede llegar a descubrir con la guía adecuada. El docente, en este modelo, se convierte en ese acompañante que orienta a los alumnos hacia la resolución satisfactoria del conflicto cognitivo.

Es por tanto un imperativo el que la futura docencia se fundamente en marcos constructivistas alejados de la tradición de clases de transmisión y recepción. Es por tanto fundamental que se planteen nuevas formas de intervenir en el fenómeno del aprendizaje —en continua actualización— de acuerdo a las exigencias cambiantes de la sociedad y realidad. En este contexto, el presente Trabajo Final de Estudios pretende ahondar en una posible forma de actuación en el aula, basada en el constructivismo y, concretamente, en el ABP, para abordar y superar algunos problemas detectados en la didáctica de la Biología de Bachillerato, en general, y en la didáctica del concepto integral de la evolución, en particular.

1.2. Objetivos

Atendiendo, en conjunto, a estos problemas, se plantean, para el presente trabajo, un objetivo general y unos objetivos específicos orientados a la implementación de una intervención educativa que permita superar los obstáculos mentados en el apartado anterior.

1.2.1. Objetivo general

Diseñar una intervención educativa, basada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP, en adelante), para alumnos de Biología de 2º de Bachillerato, a fin de modificar algunos preconceptos erróneos en materia de neodarwinismo.

1.2.2. Objetivos específicos

Objetivo específico 1. Analizar bibliográficamente los modelos educativos tradicionales y constructivistas, y el cambio de concepto como motor de pensamiento.

Objetivo específico 2. Presentar el modelo ABP como metodología educativa.

Objetivo específico 3. Diseñar una serie de actividades basadas en el ABP que promuevan la motivación en el alumno.

2. Marco teórico

2.1. Modelo tradicional vs. constructivista

Podríamos entender el aprendizaje —asunto de máximo interés en la psicología contemporánea—, según la definición propuesta por Ormrod (2005), como una transformación de la conducta y las estructuras cognitivas, relativamente permanente a lo largo del tiempo, que es impulsada por la experiencia. Este cambio acumulativo desembocaría en la adquisición de unos conocimientos, habilidades y valores morales que ayudarían al individuo a integrarse en la sociedad y realidad con la que convive.

Hasta hace no tanto tiempo, la experiencia de la que surgía el aprendizaje, durante muchos años, derivaba esencialmente de situaciones de repetición y memorización dentro del aula en el marco de un modelo tradicional de la enseñanza. Sin embargo, la investigación didáctica, en incontables ocasiones, ha puesto de manifiesto, contundentemente, que la forma en que algo se enseña, piensa y estudia determina, en gran medida, el modo en el que ese algo se aprende, interioriza y emplea en nuevas situaciones y problemas (Ormrod, 2005).

El éxito de esta metodología tradicional se sustentaría en el hecho de que es la forma más rápida y sencilla de impartir unos extensos conocimientos en un tiempo limitado. Sin embargo, tal y como apuntan Campanario y Moya (1999), en el campo de las ciencias, esta forma de enseñanza clásica podría conducir a que los estudiantes considerasen —por analogía a su forma de ver su propio proceso de aprendizaje— que la ciencia es un compendio de definiciones y fórmulas que son dadas de forma inamovible y que sólo hay que memorizar más que comprender. Este hecho, que podría resultar baladí, representa uno de los obstáculos más importantes que encuentran los docentes que tratan de ofrecer nuevas propuestas educativas (Linder, 1993).

Pero ¿cómo conseguir que los alumnos sean más conscientes de su propio proceso de aprendizaje, esto es, que desarrollen herramientas metacognitivas que acerquen su verdadero aprendizaje a la naturaleza de la ciencia? La propuesta más explorada, como reacción al enfoque tradicional, es la constructivista. Uno de los principales objetivos de este modelo es que el alumno sea plenamente consciente de su proceso de aprendizaje, es decir, que el alumno reflexione sobre su capacidad de aprender a aprender: una de las competencias

clave que, por cierto, debe haber desarrollado todo educando al final su etapa secundaria (Pozo y Gómez, 2006).

Siguiendo las teorías de Jean Piaget (1896-1980) y David Ausubel (1918-2008), un proceso racional y óptimo de enseñanza-aprendizaje basado en el constructivismo se sustentaría en dos pilares: la importancia de las interacciones sociales y la relevancia de la proactividad y participación autónoma del discente (Wolfolk, 2014). Según sus ideas, resultaría fundamental, por tanto, que el docente se convirtiera en una interacción social facilitadora para el alumno, un alumno al que el profesor propondría una serie de desequilibrios cognitivos adecuados a su nivel de desarrollo para desencadenar un cambio conceptual en sus estructuras cognitivas. Con ello, la mejor experiencia para originar el aprendizaje señalado por Ormrod (2005) sería una experiencia activa y progresiva en la que, partiendo de los conocimientos generales anteriores del estudiante, éste alcanzara, con plena autonomía, nuevos conocimientos, habilidades y valores que pudiera poner en práctica, específicamente, en nuevos escenarios desconocidos (Coll, 2010).

Sin embargo, como toda propuesta, también el constructivismo encuentra obstáculos que deben ser superados en su camino de implementación. Por un lado, dado que el aprendizaje significativo parte de los conocimientos previos del alumno, ¿qué ocurre si dichas concepciones previas o preconceptos del estudiante son erróneos? Es indudable que una mayor coherencia y perpetuación de estructuras mentales equivocadas ofrece una mayor oposición al desequilibrio cognitivo, generando, por tanto, una dificultad en el nuevo aprendizaje de contenidos. Por otro lado, en este sentido, tal y como apuntan Díaz y Hernández (1999), el modelo constructivista se halla muy enfocado a la adquisición de conocimientos y conceptos. Esto podría conducir a que, según lo comentado (Ormrod, 2005), no se enriqueciesen, paralelamente y en igual medida, las otras dos dimensiones del aprendizaje (habilidades y valores).

Es por tanto un imperativo el desarrollar nuevos abordajes en el aula en pos de superar la visión tradicional de la educación científica y acercarla más al verdadero aprendizaje según las nuevas concepciones educativas que han sido científicamente testadas —el modelo constructivista—. O lo que es lo mismo, es necesario modificar la predisposición al aprendizaje del alumno desde una concepción fútil, desmotivada y memorística; hacia una concepción útil, motivadora y comprensiva que permita la adquisición, por experiencia autónoma, de

conocimientos, valores y habilidades de aplicación futura. Es aquí donde aparece el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

2.2. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP, en adelante) es una metodología didáctica — basada teóricamente en el constructivismo—, que busca crear una óptima atmósfera de aprendizaje en el que el alumno, en un grupo y con el apoyo del docente, busque la solución a un problema planteado (Sánchez, 2014). Aunque, en sus orígenes, el ABP fue planteado sólo a nivel universitario —más concretamente, en la facultad de Medicina de la universidad de McMaster en la década de los años sesenta—, su uso se ha extendido, con sus adaptaciones pertinentes, a otras disciplinas y etapas, esencialmente: a secundaria y bachillerato, dado el gran éxito alcanzado (Morales y Landa, 2004).

Con el ABP, en definitiva, se pretende no sólo desarrollar la dimensión cognitiva de los alumnos (conocimientos adquiridos tras la resolución del problema), sino la dimensión procedimental (habilidades adquiridas tras la experiencia ABP) y moral (valores adquiridos relacionados con el trabajo en grupo y la tolerancia a las ideas ajenas). Además, un eje central sobre el que pivota esta metodología es el aprendizaje autodirigido, esto es, que el alumno sea, en todo momento, plenamente consciente de su papel como agente activo en la búsqueda de la resolución de la pregunta o cuestión.

2.3. Importancia y ventajas del ABP en la enseñanza

¿Cuál es la importancia de la instauración del modelo ABP en el aula? ¿Qué problemas de la educación tradicional y del modelo constructivista puramente conceptual solventa? Según Morales y Landa (2004), en primer lugar, el ABP traslada la responsabilidad al discente como el principal agente de su propio aprendizaje. Este hecho hace que el discente sea consciente tanto de su propio proceso de aprendizaje, como de sus limitaciones (al no poder resolver satisfactoriamente el problema planteado intuitivamente por sí solo) y, por tanto, de la necesidad del proceso educativo. Este fenómeno propiciaría que el alumno reconociese más fácilmente los preconceptos erróneos que obstaculizan su aprendizaje, favoreciéndose así una elevada motivación dirigida a corregir su ignorancia, a alcanzar el siguiente nivel de desarrollo potencial —según el vocabulario propuesto por Lev Vygotsky (1896-1934)—. Y es que la “movilización afectiva o volitiva” de Ausubel es un requisito indispensable para el inicio y

mantenimiento del esfuerzo cognitivo que todo alumno debe efectuar para alcanzar un aprendizaje significativo. En segundo lugar, el ABP, desarrollado en equipos permanentes y heterogéneos de 3-5 alumnos, aporta tres de los principales beneficios del aprendizaje en grupo según Pujolás (2008), a saber: 1) cada miembro del grupo participa en el proceso de enseñanza-aprendizaje de sus pares; 2) dentro del grupo se aprenden actitudes y habilidades comunicativas y sociales necesarias para la convivencia y tolerancia entre iguales en sociedad, o lo que es lo mismo, se aprende a trabajar en equipo; y 3) se atiende a la diversidad del alumnado. En resumen, el ABP grupal también aborda las otras dimensiones mentadas del aprendizaje de Ormrod (2005) y, por ende, es una metodología que plantea uno de los principios básicos de la educación contemporánea: el desarrollo multidimensional e integral de la persona, también, como entidad autónoma y responsable. En tercer lugar, el ABP fomenta la creatividad del alumno y su espíritu crítico. Dado que la forma en que los estudiantes resuelven y presentan los problemas no tiene ninguna restricción *a priori*, estos explorarán numerosas alternativas originales que serán rechazadas o aceptadas, en consenso, desde el propio juicio lógico y crítico del grupo. En este punto, cabría también reseñar el desarrollo de la capacidad crítica para con la información recopilada que habrán de cribar. Finalmente, el ABP acerca los problemas del mundo real a las aulas. Esto permite que los alumnos sientan que los conocimientos adquiridos en la materia tengan una utilidad “real” en sus vidas y no sean meros compendios de ideas que es necesario memorizar.

2.4. Limitaciones y desventajas del ABP en la enseñanza

Sin embargo, tal y como ya se ha adelantado, el ABP tampoco está exento de limitaciones y desventajas. Según lo expuesto en Poot-Delgado (2013), en primer lugar, cabría apuntar la mayor dedicación, por parte del profesorado, para la preparación y guía de los ABPs. Esta mayor dedicación se traduciría, en la mayoría de los casos, en un consumo de tiempo mayor, ya que —a diferencia de los modelos tradicionales— aquí, en el ABP, la transferencia de conocimientos duraderos es más lenta y depende, entre otras cosas, del ritmo natural de la clase. En segundo lugar, el ABP satisfactorio requiere de un cuerpo docente preparado que posea la formación y las habilidades necesarias para la correcta facilitación del aprendizaje. El hecho de que el profesor no tenga una formación adecuada y el hecho de que se sienta tentado a, inconscientemente, seguir siendo el centro de atención sobre el que orbita, en el aula, el proceso de aprendizaje son serias amenazas a tener en cuenta. Finalmente, habría que

destacar la resistencia natural y humana, tanto de profesores como de alumnos, a cambiar el modelo de aprendizaje conocido hasta la fecha. Esta difícil transición debe realizarse con el compromiso y responsabilidad de profesores y estudiantes, es decir, con la formulación de una especie de “pacto didáctico”, pues salir del aprendizaje tradicional implica un cambio radical de perspectiva.

2.5. Fases del ABP

Aunque sea difícil diseñar unas pautas comunes y homogéneas para la implementación de una intervención basada en ABP —en tanto que cada grupo clase es único en función de sus características particulares, es decir, en función de: los objetivos, el tiempo asignado, los recursos disponibles, el número de discentes, la preparación del profesorado etc.— sí se puede hablar de cierto consenso en torno a las fases generales que atraviesa el alumno. En síntesis, de Morales y Landa (2004) se podrían definir los siguientes pasos:

Paso 1: Comprensión profunda del problema. El profesor plantea un problema —de acuerdo con los contenidos impartidos y el nivel educativo— tras lo cual el alumno, dentro de su equipo, discutirá aspectos alrededor del mismo hasta alcanzar un profundo grado de comprensión. En esta fase, el profesor actúa resolviendo dudas.

Paso 2: Lluvia de ideas. Los alumnos comparten con sus pares de otros grupos sus ideas candidatas para la resolución del problema. Las ideas son anotadas y comentadas a través de un debate guiado por el docente, responsable, en este punto, del mantenimiento del respeto y el buen clima del aula.

Paso 3: Búsqueda de información. Los alumnos, resultado del “Paso 2”, en cada equipo, anotan lo que saben y lo que no saben sobre el problema; y lo que deberían saber para resolverlo. Es decir, tratarán de encontrar respuestas a los subproblemas planteados haciendo una búsqueda de información. En esta fase, el profesor debería ejercer como facilitador de la búsqueda de información ofreciendo una cantidad, aunque numerosa y diversa, de recursos y fuentes (textos, revistas, páginas web, etc.)

Paso 4: Resolución del problema. Los alumnos recopilarán la información seleccionada y elaborarán una presentación o memoria que será compartida con el resto de la clase.

2.6. Papel del profesor y el alumno en ABP

En toda dinámica ABP, tanto docente como discente deben establecer un pacto de responsabilidad en tanto que sus papeles canónicos y tradicionales en la clase se subvierten.

2.6.1. Papel del profesor (tutor) en el ABP

Más que de la figura de “el profesor”, según se recoge en Morales y Landa (2004), se podría hablar mejor de la figura de “el tutor” acompañante. Básicamente, el tutor ejercería una función facilitadora para que los alumnos tomen consciencia de sus facultades metacognitivas. La clave radicaría en la adecuación de las preguntas formuladas por el profesor al comienzo de la intervención ABP y la correcta inducción de desequilibrios cognitivos. Una vez que los alumnos encuentren por ellos mismos la mejor forma de lidiar con el problema, es decir, una vez que hayan fijado su ruta de trabajo, el tutor se aparta de esta función y sólo se muestra como un acompañante en el camino. En sus orígenes, en McMaster, para evitar que los profesores se volvieran el centro de atención del proceso, decidieron escoger a profesores que no eran expertos en su materia. Sin embargo, hoy por hoy, sabemos que el mejor tutor concebible es aquel que, además de ser experto en su materia, es un buen tutor acompañante (Morales y Landa, 2004). Así pues, se podría resumir la función del tutor como:

- El tutor debe poner al alumno en el centro de su propio aprendizaje. Debe alejarse de la tentación de ser él el centro, fenómeno propio de la metodología tradicional.
- El tutor debe registrar y ser consciente del cumplimiento de los objetivos del ABP y, por ende, de los logros de sus discentes.
- El tutor aparece como una figura de apoyo que solo actúa cuando los alumnos lo necesitan, ya sea para buscar información o solventar dudas.
- El tutor ayuda a sus alumnos a que piensen críticamente y orienta sus reflexiones en la dirección adecuada con preguntas que busquen desencadenar conflictos cognitivos.
- El tutor deberá hallarse disponible para la realización de tutorías cuando los alumnos lo precisasen.

2.6.2. Papel del alumno en el ABP

De la misma forma que el tutor debe cumplir un papel definido, para que el ABP resulte satisfactorio, también el alumnado, comprometido en su conjunto, debe desempeñar un rol también definido que se podría resumir en los siguientes puntos:

- El alumno debe sentirse responsable de su propio aprendizaje.
- El alumno debe ser capaz de lidiar con opiniones dispares dentro de su grupo de trabajo y presentar una disposición tolerante hacia el resto de sus pares, aceptando y respetando las ideas ajenas.
- El alumno debe entender que puede aprender no sólo por sí mismo o a través del profesor, sino a través de sus compañeros.
- El alumno debe gestionar fuentes bibliográficas de referencia y aprender a cribar la información relevante y útil, es decir, debe desarrollar un espíritu crítico. En este sentido, asimismo, deberá ser consciente de cuando requiere la ayuda del tutor.
- El alumno deberá disponer y aplicar una serie de herramientas cognitivas que le permitan planificar, controlar y evaluar, tanto su propio aprendizaje, como el aprendizaje de sus pares, como la experiencia ABP en su conjunto.

2.7. Evaluación del ABP

La evaluación de una experiencia ABP significativa mediante un examen convencional, tal y como apunta Poot-Delgado (2013), podría generar una sensación de confusión y frustración en los estudiantes, debido al abrupto retorno a la dinámica convencional tras una experiencia de aprendizaje tan activa. Esto significa que también la forma de evaluar la propuesta ABP debe adecuarse a ese espíritu constructivista de mejora de la enseñanza e integrarse dentro de la propia dinámica ABP. Así, se evaluará: 1) el aprendizaje de contenidos, 2) la aportación del alumno al pensamiento grupal y 3) las interacciones personales entre pares. Pero ¿quién realiza la evaluación? La respuesta del ABP es clara: todos los agentes educativos implicados en el proceso. Así, se llevará a cabo:

- Autoevaluación: El alumno evaluará su propio aprendizaje, su grado de esfuerzo, motivación y dedicación.

-Coevaluación: Los miembros de cada equipo se evaluarán entre sí. Además, evaluarán el grado de completitud del proceso de aprendizaje.

-Heteroevaluación (del tutor): Los discentes evaluarán el papel del tutor en el proceso de acompañamiento en la experiencia APB.

-Heteroevaluación (de los alumnos): El profesor evaluará el aprendizaje de los alumnos, individual y grupalmente.

El fin último de la evaluación es el de ofrecer al discente en formación una retroalimentación sobre su papel en el proceso de enseñanza-aprendizaje. De dicha retroalimentación —que deberá ser regular a lo largo de toda la experiencia— el estudiante podrá inferir sus puntos fuertes y débiles y así obrar para corregir estos últimos.

2.8. Precedentes de ABP en ciencias de educación secundaria

Numerosos son los ejemplos en los que se han reportado resultados positivos relacionados con el ABP en ciencias experimentales en la etapa educativa de secundaria. Por ejemplo, en el Trabajo Final de Máster de la autora Elisabet Molina Pascual en la UNIR (Molina, 2015) se desarrolla una investigación cualitativa en la que, en resumen, los alumnos ven positivamente la implementación de esta metodología. En la encuesta final, por ejemplo, se destaca que la experiencia aumentó la motivación e interés de los estudiantes durante su puesta en práctica, percibiendo, además, que lo aprendido está directamente conectado con el mundo real de su entorno más próximo. Además, el Trabajo Final de Máster del autor Asier Uskola Ibarra en la UNIR (Uskola, 2014) pone en valor la dinámica ABP en tanto que permitió, en los discentes, el desarrollo de competencias transversales que difícilmente pueden ser trabajadas mediante la metodología tradicional, fundamentalmente: la competencia de aprender a aprender. Finalmente, el Trabajo Final de Máster de la autora Mónica Andrea Tapia en la UNIR (Tapia, 2020), además, apunta que las actividades ABP posibilitan la conexión interdisciplinar de contenidos.

Sobre este último punto cabría detenerse sobre la estrecha —y muchas veces ignorada— relación entre la Ciencia y la Filosofía. Más allá de la mera distinción: “la ciencia explica “el cómo” y la filosofía “el porqué”, ambos saberes se relacionan y retroalimentan de formas profundas y necesarias (De Azcárraga, 2003). En lo que concierne a conceptos biológicos como “la evolución”, la causa germinativa de toda estructura biológica —esto es, el fruto del “azar genético”, primero, y de “la selección natural”, después— parece ser confundida,

extensamente, con su función y finalidad (Cháves, 2009). De aquí se extrae la necesidad de crear un desequilibrio cognitivo propicio para los estudiantes en el que la reflexión filosófica y la diferencia entre el “por qué” y el “para qué” se halle presente y explicada

2.9. El problema de la evolución darwinista en la educación secundaria

Como se ha comentado anteriormente, uno de los obstáculos más usuales que un tutor halla a la hora de implementar una dinámica ABP es la presencia, en la cognición de sus estudiantes, de preconceptos erróneos ligados al contenido que se desea explorar. Tal y como se recoge en el Trabajo Final de Máster de la autora María Carola López Díaz en la UNIR (Carola, 2014), una de las concepciones erróneas, en los alumnos de secundaria, en torno a la idea de evolución darwinista es la de que “los seres vivos deciden voluntariamente adaptarse al medio”.

Esta preconcepción, muy vinculada a la noción teleológica de la evolución biológica, ha sido ya señalada por algunos autores (Cháves, 2009), como un verdadero obstáculo para el aprendizaje significativo de la teoría darwinista y neodarwinista. Entender que cada estructura del organismo (por ejemplo: los ojos, las manos, el corazón...) existe o tiene su razón de ser porque cumple una función supone responder a la pregunta “¿por qué tienes ojos?” con “para ver” en lugar de “primero por azar (mutación) y después por evolución (selección natural)”. En otras palabras, estaríamos respondiendo al porqué de las cosas en función de su finalidad. Sin embargo, no tenemos ojos para ver, vemos porque tenemos ojos, algo conceptualmente bien distinto; y esos ojos serían el resultado de una selección natural a partir de una primigenia estructura que posiblemente fuera la primera proteína capaz de interaccionar físicamente con la radiación electromagnética (luz), que resultó de una mutación azarosa en un organismo primitivo hace cientos de millones de años.

Con el presente Trabajo Final de Máster se pretende diseñar una serie de actividades, dentro de un marco constructivista y en base a los postulados del ABP, para promover una motivación añadida en los alumnos y permitir el aprendizaje de los contenidos relacionados con la evolución darwinista.

3. Propuesta de intervención

3.1. Presentación de la propuesta

Como se ha visto en la introducción y el marco teórico, fomentar la motivación e interés del alumnado por los contenidos de la materia impartida es un aspecto crítico del aprendizaje significativo. De ahí que la introducción de una dinámica educativa alejada del modelo tradicional de transmisión acostumbrado pueda ofrecer una oportunidad para favorecer dicha motivación y, desde un abordaje más holístico (Ortiz, 2015), una más estrecha conexión tanto con el mundo contemporáneo que rodea a los estudiantes, como con el resto de los conocimientos aprendidos.

Dado que las ciencias biológicas, como disciplina científica, deben contribuir a la alfabetización científica de la sociedad, la presente propuesta pretende que los alumnos descubran autónomamente el verdadero significado de las causas de la evolución biológica mediante el desarrollo de un método de pensamiento crítico en el marco de una serie de actividades basadas en el ABP. Por un lado, a través de aparentemente sencillas preguntas sobre “el porqué” de distintas estructuras biológicas —y con ayuda de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC, en adelante) y del aprendizaje grupal— los alumnos integraran conceptos y principios previos de genética molecular y evolución impartidos durante el curso de 2º de Bachillerato en la asignatura de Biología.

3.2. Contextualización de la propuesta

3.2.1. Contexto educativo

La propuesta educativa se plantea para un centro educativo, con nivel de Bachillerato, en un barrio céntrico de Madrid. Se considerará que hay un enriquecimiento en el porcentaje de adultos en edad de trabajar (18-65 años) y, en lo concerniente al nivel educativo, que el barrio presenta un porcentaje mayor de personas con estudios superiores, en relación a la media de la ciudad de Madrid (37% vs. 28%).

Se tendrá en cuenta que, por su localización céntrica, el centro recibirá a estudiantes procedentes tanto de diversas zonas de la ciudad, como de poblaciones de alrededor. Esto hace que sea difícil elaborar un perfil concreto del alumnado del grupo-clase hipotético que sea receptor de la presente intervención. Tal y como se recoge en la legislación,

independientemente del centro educativo, se pretenderá que los alumnos desarrollen integralmente las competencias necesarias para su desarrollo futuro a través de metodologías activas y de las nuevas tecnologías. Además, se considerará que el cuerpo de profesores y departamentos se encontrará adecuadamente formado en la preparación de proyectos grupales basados en nuevas metodologías. La presente propuesta podría enriquecer la propuesta TIC del centro en que se desarrolle, especialmente, si se trata de un centro en el que el uso de las TIC represente uno de los pilares fundamentales de su Proyecto de Centro.

En relación a los recursos, todas las aulas-clase de bachillerato (localizadas en la primera planta del edificio), además de con una pizarra tradicional, cuentan con un ordenador y una gran pantalla —acoplada a un sistema de altavoces— sobre la que incide un proyector. Esto permitiría el visionado, sin dificultad, de vídeos y presentaciones (archivos tipo PowerPoint) desde cualquier punto del espacio. El centro además cuenta con: un amplio patio, un gimnasio, un salón de actos, un laboratorio de química, un laboratorio de biología, un laboratorio de física y un aula de Informática común. Esta aula de informática, con 30 ordenadores y una gran pantalla, localizada en la planta baja del centro, presenta una buena conexión a internet y permitiría la búsqueda individual o grupal de información en la red mientras el profesor puede proyectar, para todos los alumnos, el material de apoyo oportuno para acompañar sus explicaciones.

El grupo-clase hipotético sería un grupo heterogéneo de unos 30 alumnos de habla hispana, que han cursado y aprobado la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato el año anterior, en el mismo centro, y que presentan diferencias de rendimiento. Uno de los alumnos es repetidor y una estudiante presenta altas capacidades. Este hecho se traduciría en la necesidad de implementar estrategias de atención a la diversidad. No hay discentes procedentes de otras instituciones educativas que hubieran cursado fuera 1º de Bachillerato. Sólo una minoría de los estudiantes son extranjeros, pero, como se ha dicho, sin ninguna dificultad con el idioma. No se detecta ningún problema de convivencia entre alumnos que enturbie el buen clima en el aula. Se trata de un grupo consolidado.

3.2.2. Contexto legislativo

La propuesta ABP desarrollada en el presente trabajo se contextualiza en los contenidos y objetivos del currículo oficial estatal (Real Decreto 1105/2014) de la asignatura de Biología de 2º de Bachillerato. Concretamente, se enmarcará en el Bloque 3. Genética y evolución.

3.3. Intervención en el aula

3.3.1. Objetivos

La intervención educativa planteada se fundamentará en la realización de 3 actividades, basadas en una metodología ABP, que pretenden incrementar la motivación del discente y, con ello, mejorar el rendimiento académico en la asignatura de Biología y, globalmente, impulsar el desarrollo del espíritu crítico y científico en el alumnado. En relación con los objetivos generales de etapa de Bachillerato —extraídos del Artículo 25 del Real Decreto 1105/2014—, la presente intervención contribuiría a la consecución de los objetivos:

- a) En tanto que el trabajo grupal favorecería un clima democrático de tolerancia para con los pares del alumno.
- b) En tanto que “desarrollar un método personal para abordar la búsqueda de las causas primeras de la realidad” consolida la madurez del alumnado, en edad adolescente.
- e) En tanto que las exposiciones orales y escritas requeridas para el desempeño de las actividades presentadas fomentan el dominio del idioma castellano.
- g) En tanto que la búsqueda guiada de información bibliográfica a través de Internet favorece el uso responsable de las TIC.
- i) En tanto que, en sí, los contenidos tratados son conocimientos científicos fundamentales para entender la realidad presente.
- j) En tanto que la tercera actividad pone en valor la forma en la que el conocimiento científico básico puede ser empleado para cambiar las condiciones de nuestra vida (en relación a la salud y la enfermedad).

A su vez, se plantea una serie de objetivos didácticos y específicos en base al currículo estatal mencionado, a saber:

Objetivo 1 (O1). Incentivar que el alumno sea consciente de la existencia de preconcepciones erróneas tanto en sus pares como en la sociedad de su entorno.

Objetivo 2 (O2). Integrar la idea del dogma central de la Biología Molecular (Genética molecular + mutaciones) en las Teorías de la Evolución contemporáneas.

Objetivo 3 (O3). Comprender el verdadero significado de la mutación en el ADN y la variabilidad genética como sustratos y causas de la evolución biológica.

Objetivo 4 (O4). Fomentar en el alumno el desarrollo de su propio aprendizaje autónomo dentro de un grupo de pares con el que interactuar.

Objetivo 5 (O5). Extrapolar, por analogía, los resultados del aprendizaje a la resolución de nuevos casos problema sin aparente relación.

Objetivo 6 (O6). Exponer de forma sintetizada los principales resultados del aprendizaje de forma pública mediante una presentación audiovisual.

Objetivo 7 (O7). Aplicar los conocimientos sobre evolución adquiridos a un contexto real y problemático (la taxonomía y la resistencia de las bacterias a los antibióticos).

3.3.2. Competencias

Según lo contemplado en la Orden ECD/65/2015, el alumnado debería desarrollar a lo largo de su etapa formadora una serie de competencias clave definidas y concretas que le permitan alcanzar un pleno desarrollo individual, social y profesional. Algunas de estas competencias — es decir, el conjunto de saberes, capacidades, destrezas y actitudes—, serán trabajadas desde las actividades ABP propuestas. A saber:

— Comunicación lingüística (CCL). En la lluvia de ideas, en las interacciones con el tutor de la dinámica y en las presentaciones orales; el profesor guiará el correcto desempeño del discurso científico: el orden y precisión, la especificidad de las palabras, la diferencia fundamental y conceptual entre “por qué” y “para qué”.

— Aprender a aprender (AA). El alumno en su trabajo grupal tendrá autonomía para proponer e indagar fuentes de información. Desarrollará un método personal para entender la razón de los objetos biológicos, en particular, y otras entidades reales, en general. Asimismo, esta competencia se verá reforzada en las autoevaluaciones y coevaluaciones realizadas.

— Competencia digital (CD). Se desarrolla, tanto en la búsqueda guiada de información en Internet, como en la creación de materiales audiovisuales mediante herramientas ofimáticas (PowerPoint, por ejemplo).

— Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCCT). Esta competencia se incentiva, por un lado —como resulta evidente— por la naturaleza de los

contenidos impartidos (biología, evolución, genética molecular); y, por otro, por la aproximación al verdadero conocimiento científico y cómo este se genera. En relación a este punto, también cabría mentar las nociones básicas de estadística que se adquirirán en una de las primeras fases de la primera actividad ABP.

—Competencias sociales y cívicas (CSC). Se favorecería desde la reflexión crítica sobre importancia que tiene en nuestra actual sociedad el uso responsable de antibióticos. Esta idea se extraerá de la tercera actividad ABP.

3.3.3. Contenidos

Los contenidos de la asignatura de Biología de 2º de Bachillerato vienen recogidos en el Real Decreto 1105/2014. Según esta disposición legal, la materia de Biología debe, esencialmente, contribuir a favorecer el desarrollo de la cultura científica del alumnado y, con ello, fomentar en los adolescentes en formación: su curiosidad, su espíritu crítico, el ejercicio del método científico como sistema racional para la resolución de problemas y la reflexión ética sobre cuestiones de relevancia social relacionadas con aspectos de esta disciplina. Las actividades basadas en ABP planteadas en este Trabajo Final de Estudios quedarían encuadradas en el Bloque 3. Genética y Evolución. Según el Real Decreto 1105/2014, a este respecto, una de las ideas centrales sobre la que orbita el Bloque 3 de contenidos sería la relación entre genética y el hecho evolutivo.

Atendiendo a lo anterior, se ha procurado abordar integralmente, con la presente propuesta, el Bloque 3 de la materia de Biología para 2º de Bachillerato de acuerdo a esta base legislativa. Así, en detalle, a continuación, se presenta una relación de los contenidos, objetivos didácticos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje a desarrollar en la intervención.

Tabla 1. *Relación entre contenidos curriculares y objetivos didácticos.*

Contenidos (C)	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Objetivos didácticos
La expresión de los genes. Transcripción y traducción genéticas en procariotas y eucariotas. El código genético de la información genética (C1)	3. Establecer la relación del ADN con la síntesis de proteínas.	3.1 Establece la relación del ADN con el proceso de la síntesis de proteínas.	O2.
Darwinismo y neodarwinismo: la teoría sintética de la evolución (C2).	12. Reconocer, diferenciar y distinguir los principios de la teoría darwinista y neodarwinista	12.1. Identifica los principios de la teoría darwinista y neodarwinista, comparando sus diferencias.	O2 y O3.
Implicaciones de las mutaciones en la evolución y aparición de nuevas especies (C3).	14. Reconocer la importancia de la mutación y la recombinación.	14.1 Ilustra la relación entre mutación y recombinación, el aumento de la biodiversidad y su influencia en la evolución de los seres vivos.	O3.
La selección natural. Principios. Mutación, recombinación y adaptación. Evolución y biodiversidad (C4).	15. Analizar los factores que incrementan la biodiversidad y su influencia en el proceso de especiación.	15.1 Distingue tipos de especiación, identificando los factores que posibilitan la segregación de una especie original en dos especies diferentes.	O3.

Adaptada del Real Decreto 1105/2014.

3.3.4. Metodología

Como se ha explicitado, la metodología a emplear tiene como último fin mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje a través de una propuesta activa y constructivista en la que se derriben falsos conceptos para con la evolución, en la que se plantee un método de análisis crítico de la entidad biológica y en que se integren todos los contenidos vistos hasta ese momento (Bloques 1 y 2 de la asignatura de Biología) y se relacionen con el proceso evolutivo y con problemáticas sociales tan próximas como la resistencia bacteriana a antibióticos. En resumen, se llevará a cabo una metodología ABP, aplicando, paralelamente, un aprendizaje cooperativo —en equipos de trabajo reducidos—, con un enfoque también práctico orientado hacia la realidad social contemporánea, esto es, un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS). En el curso de este ABP, las TIC desempeñarán un papel fundamental no sólo con el fin de impulsar la alfabetización científica del discente, sino también, la digital.

Las dinámicas ABP presentadas parten de un agrupamiento de los alumnos para optimizar la compartición y colaboración entre pares y, a su vez, atender a la diversidad del alumnado. Además, dado el carácter grupal de la labor investigadora y científica, este ejercicio de resolución de problemas de forma conjunta permitiría al alumno ponerse en la piel de un investigador de campo que será, además, próxima a una futura situación real en tanto que, normalmente, uno no tiene la capacidad de elegir la composición de sus equipos de trabajo. Dado que el Bloque 3 de Biología se impartiría ya superado el primer trimestre, es de suponer que el profesor de la asignatura tenga un conocimiento básico de la personalidad e inquietudes de sus alumnos. En función de dicho conocimiento, el tutor acompañante creará grupos heterogéneos y de rendimiento equilibrado de 5 alumnos, es decir, 6 grupos —pues la clase cuenta con 30 alumnos—.

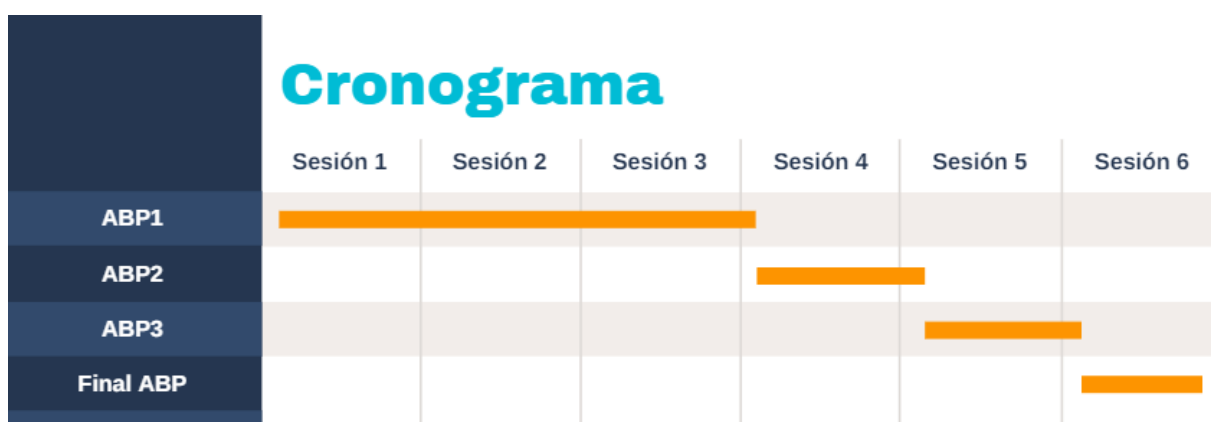
De forma global, se podría decir que las dinámicas ABP cursarían en dos dimensiones diferenciadas: la interacción alumno—alumno y la interacción alumno—tutor. Así, por un lado, la mayor parte de las sesiones destinadas al desarrollo de las dinámicas ABP versarán principalmente sobre la ejecución del trabajo en equipo, esto es: el entendimiento del problema cooperativo, la propuesta y emisión de una lluvia de ideas, la búsqueda de información en medios informáticos y las intervenciones en los debates guiados. En suma, todo lo que rodea la interacción alumno—alumno. Aunque desplazado a un papel secundario y no protagonista —pero igualmente necesario en su papel de guía y mediador— el tutor

acompañante de las actividades también participará en las sesiones: en la resolución de dudas, en el encauzamiento de los debates en clase, en la explicación inicial de los objetivos, en el planteamiento de los problemas, en la evaluación de la presentación oral. En suma, en todos los aspectos que conciernen a la interacción tutor—alumno.

3.3.5. Cronograma y secuenciación de actividades

La propuesta se desarrollará a lo largo de 3 actividades ABP (y una final) distribuidas en 6 sesiones, de 55 minutos cada una. Se incluye, además, la sesión referente a la exposición oral de trabajos (Sesión 3).

Figura 1. Cronograma de la intervención planteada. Relación de sesiones y actividades ABP.



Elaboración propia.

Más minuciosamente, a continuación, se presenta una descripción detallada de las distintas actividades que se van a realizar en relación, como se ha adelantado: a la consecución de los objetivos didácticos y las competencias, a la temporalización cronológica y a la disposición de recursos (Tablas 2-9).

ABP1 (Sesiones: 1, 2, 3 y, parcialmente, 4)

Sesión 1. Si es la primera vez que los estudiantes desempeñan un proceso ABP, es fundamental que el profesor dedique un tiempo a la explicación de la metodología para, con ello, infundir motivación en el estudiante que se volverá el protagonista principal de su propio aprendizaje significativo. Si el grupo-case es consciente de las ventajas de la metodología, éste se volverá cómplice del tutor-guía en el fenómeno de enseñanza-aprendizaje.

A continuación, el profesor expondrá someramente los contenidos a explorar sobre: “el dogma de la biología molecular”, “el papel de las mutaciones” y “las causas de la evolución biológica”; a su vez, se explicarán tanto las competencias a desarrollar con las dinámicas ABP,

como la forma de evaluarse éstas (rúbricas, memorias y presentaciones orales). Idealmente, esta información estará siempre disponible para todo el alumnado.

Finalmente, en poco tiempo, se llevará a cabo la asignación de grupos, en tanto que previamente habrá sido elaborada por el profesor guía en base al conocimiento concreto de su grupo-clase y en base al rendimiento académico de sus alumnos. Idóneamente, dicho grupo será permanente y constante para las tres actividades ABP propuestas, aunque siempre serían susceptibles de sufrir cambios por distintas cuestiones: conflictos personales, desajustes notables de rendimiento, etc. Serán grupos de 5 personas equilibrados y heterogéneos en los que se promuevan valores como la igualdad y la diversidad. A este fin se propone que en todos los grupos al menos haya un integrante de cada género (masculino o femenino) y se intentará, en la medida de lo posible, la equidad en la formación de grupos (o bien constituidos por 3 chicos y 2 chicas; o bien formados por 3 chicas y 2 chicos). Respecto la atención a la diversidad, cada uno de los 6 discentes que presenten en la asignatura de Biología un menor rendimiento académico serán integrados en cada uno de los grupos establecidos. En suma, los grupos posibles serán:

3 Chicos y 2 chicas (grupos mayoritarios). Un integrante: bajo rendimiento académico.

2 Chicos y 3 chicas (grupos mayoritarios). Un integrante: bajo rendimiento académico.

4 Chico y 1 chicas (grupos excepcionales). Un integrante: bajo rendimiento académico.

1 Chico y 4 chicas (grupos excepcionales). Un integrante: bajo rendimiento académico.

Tras formar los grupos, el profesor planteará una pregunta aparentemente sencilla sobre el origen de una estructura biológica que resulte familiar: “¿por qué tenemos ojos?” Los discentes, en cada grupo, pensarán la respuesta y la formularán al profesor y al resto de la clase. Previsiblemente, puede haber un consenso en torno a la respuesta “para ver”. Entonces el profesor emitirá una reflexión sobre la extendida y falsa preconcepción de la evolución teleológica de Aristóteles y cómo se confunde la causa de las cosas con su finalidad o función. A continuación, el profesor repartirá a cada grupo un documento con el texto de la actividad ABP1 y una serie de preguntas. Individualmente, cada grupo deberá leer el texto y abordarlo según la metodología ABP explicada: analizar el escenario del problema, realizar una lluvia de ideas, describir lo que se conoce y lo que se desconoce. En este punto de trabajo grupal, el

profesor guía supervisará que cada una de las fases de desarrollo de forma adecuada, ayudando a los grupos que hallen obstáculos en algún planteamiento.

ENUNCIADO DE LA ABP 1

¿Por qué tenéis ojos? Si lo primero que os ha venido a la mente ha sido algo así como: “obvio, ¡para ver!” eso significa que sois discípulos de las corrientes que consideran que “la función crea al órgano”. Sin embargo, lo que ocurre es que “el órgano permite la función”. Así, no tendrías ojos para ver, sino que verías porque tienes ojos. La diferencia es sutil, pero ¡fundamental! ¿Entonces? ¿Por qué tenemos ojos? Básicamente, por la ocurrencia de una serie de mutaciones, durante millones de años, sobre las que actuó una selección natural.

Hace millones de años aparecería, por azar, una mutación genética en el ADN de una célula primitiva. Dicha mutación se traduciría en un cambio en la secuencia de aminoácidos en una proteína (rodopsina). Dicho cambio permitiría ahora que la nueva rodopsina pudiese interactuar con ondas electromagnéticas (luz), (propiedad que antes de la mutación no tenía). Con el tiempo, la población de células primitivas que presentaban la rodopsina mejorada respondería mejor a las circunstancias del medio en tanto que las ondas electromagnéticas son parte fundamental de éste y dan información útil al organismo vivo. Poco a poco, la supervivencia de las células mejor adaptadas se vería favorecida por la acción de la selección natural. Por ejemplo, algunos organismos unicelulares fotosintéticos (protistas) como *Euglena gracilis* presentan un proto-ojo con proteínas de rodopsina (Figura 2).

Si quieres profundizar en este punto, te invito a que veas el siguiente vídeo sobre la evolución del ojo. TED-Ed. (2015). *La evolución del ojo humano Joshua-Harvey* [Vídeo]. YouTube.

https://youtu.be/grKZBh8BL_U

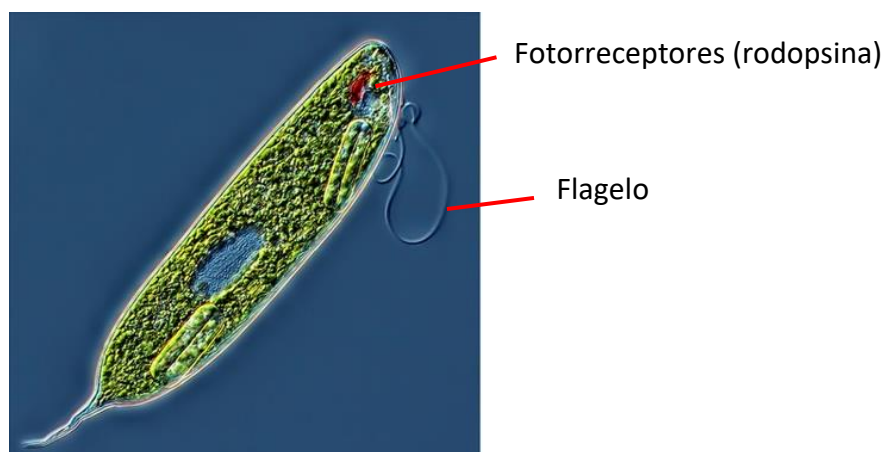


Figura 2. Fotografía microscópica de *Euglena gracilis*. Se señalan el “proto-ojo” y el flagelo motil.

A) ¿Es habitual responder con “para ver” a la pregunta “por qué tienes ojos”? Llevad a cabo una pequeña encuesta para que contesten vuestros allegados y resumid los resultados en “% de personas que responden una cosa u otra diferente”. R Ej: La primera respuesta de más del 90% de los encuestados es “para ver”.

B) *Euglena gracilis* es un organismo fotosintético y, por tanto, genera sus nutrientes mediante la fotosíntesis. ¿Qué ventajas puede conferir a *Euglena gracilis* el hecho de que su proto-ojo esté conectado a un flagelo (estructura para desplazarse)? ¿Qué ocurriría con los individuos de *Euglena gracilis* que no tuvieran conectado el proto-ojo al flagelo? ¿Estarían en desventaja? R Ej: Tener la posibilidad de desplazarse hacia lugares más luminosos sentidos por el proto-ojo permite obtener más energía, en tanto que son organismos fotosintéticos. Si el flagelo no responde al estímulo luminoso, los individuos de *Euglena gracilis* no tendrían, *a priori*, una clara ventaja frente a otros miembros de *Euglena gracilis* que carecieran de proto-ojo.

C) Como se muestra en el vídeo, el propio Darwin llegó a decir: “el ojo humano es tan complejo que parece absurdo pensar que haya podido evolucionar”. ¿Por qué crees que el darwinismo por sí solo es insuficiente para explicar este proceso? ¿Qué ofrece el neodarwinismo? R Ej: La Teoría de Darwin carecía de base genética en tanto que no se conocían los factores de la herencia. El neodarwinismo sí que incluye los conocimientos sobre genética y permite explicar el origen de la variabilidad fenotípica como variabilidad genética y molecular. El ojo humano sería el resultado de pequeñas contribuciones estructurales explicables como mutaciones genéticas en las células que integran: el cristalino, la retina, el iris...

D) Proponed en grupo una estructura del cuerpo humano y tratad de identificar cuáles son las proteínas responsables de su función esencial (Ej. Rodopsina — ojo). Plantea, con total libertad y creatividad, un posible origen para dicha estructura en base a las ideas explicadas de mutación y selección natural. Esta parte se desarrollará en el aula de informática con la orientación del profesor. Elaborad una breve presentación (5 minutos) con vuestra propuesta. R Ej. El sentido del olfato. Una de las proteínas más importantes que participan en la sensación olorosa es la proteína GPCR que interactuaría con las moléculas volátiles transportadas por el aire. La ventaja radicaría en que sentir la presencia de determinadas moléculas producidas por microorganismos al descomponer la materia orgánica podría ponernos en alerta sobre la peligrosidad de lo que estamos comiendo y aumentar nuestras perspectivas de supervivencia.

Sesión 2. En el aula de informática. Cada uno de los grupos expondrá brevemente sus impresiones de la encuesta realizada y se corregirán las preguntas del texto de la ABP1. Previsiblemente, si los alumnos preguntan a vecinos, amigos y familiares, los resultados respaldarán la idea de la extendida preconcepción errónea.

A continuación, uno por uno, los grupos presentarán la idea sobre la que quieren trabajar al profesor. Este les orientará y les reconducirá de forma adecuada. A modo de ejemplo, si un grupo selecciona como objeto biológico “una mano”, el profesor les preguntará: “¿y de qué está hecha la mano?” y mediante preguntas más y más específicas quizá se llegue a la idea de “músculo”. Y el órgano músculo se puede relacionar fácilmente con las proteínas actina y miosina. La idea es relacionar cada estructura y función con una proteína fundamental. Entonces, una vez elegido el eje: órgano— proteína sobre el que trabajar, los miembros de cada grupo, empleando varios ordenadores próximos entre sí, buscarán la información que les indique el tutor guía, sobre la proteína en cuestión, sobre las ventajas que ofrece. En paralelo irán preparando el material para la elaboración de una presentación PowerPoint en la que resumirán la propuesta de su modelo.

Sesión 3. Se alternarán las presentaciones orales de cada grupo (presentadas por uno de los miembros elegido por sorteo) y que durarán 5 minutos (30 minutos en total, para los 6 grupos), con una ronda de preguntas y cuestiones elaboradas por otros grupos y por el profesor (25 minutos en total).

Comienzo de la Sesión 4. El tutor resumirá los modelos aportados por sus alumnos en la sesión anterior y añadirá los detalles y observaciones que crea oportunos. Así, los alumnos también presenciarán, en vivo, una de las dinámicas más naturales de la ciencia: la continua revisión y el sentido crítico de los datos. En ningún momento, el tutor puede minusvalorar y negar tajantemente el trabajo de sus alumnos si la realidad del modelo fuera muy distinto al alcanzado por los estudiantes.

Tabla 2. Relación entre contenidos curriculares, criterios de evaluación, objetivos didácticos y competencias ABP1.

ABP	Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Objetivos didácticos	Competencias
ABP 1	C1, C2	3, 12	3.1, 12.1	O1, 2, 3, 4, 5, 6	CCL, AA, CD, CMCCT

Tabla 3. Relación entre las sesiones, su organización, los recursos y lugares empleados ABP1.

ABP	Sesiones	Organización	Recursos	Lugar
ABP 1	Sesión 1	-Presentación de la metodología ABP (10 min). -Explicación conceptos básicos de genética molecular y evolución (10 min). -Formación de grupos (5 min). -Debate en grupo sobre el enunciado de la ABP1 y trabajo en equipo (20 min).	Ordenador del profesor y proyector. Folios a repartir con las preguntas: 1 folio por alumno.	Aula clase
	Sesión 2	-Exposición de los resultados de la encuesta y resolución de las preguntas A, B y C de la ABP1 (10 min). -Trabajo en grupo guiado sobre la pregunta D (45 min).	Ordenadores del aula de informática con conexión a internet.	Aula de informática
	Sesión 3	-Exposición de las presentaciones orales (55 min).	Ordenador del profesor y proyector. Rúbricas de evaluación.	Aula clase
	Sesión 4 (parcialmente)	-Comentarios del profesor sobre las sesiones anteriores (10 min).	Ordenador del profesor y proyector	Aula clase

Elaboración propia.

ABP2 (Sesiones: 4, mayoritariamente, y 5, parcialmente)

Sesión 4. Tras la corrección de las preguntas de la actividad ABP1, se planteará el enunciado de la ABP2 y se resolverán las dudas generadas. Como posibilidad, el tutor podría realizar “en directo” una demostración del alineamiento de secuencias de proteínas de distintas especies, para que los alumnos vean un ejemplo real de cómo se emplean dos de las herramientas gratuitas y científicas más asiduamente empleadas en investigación bioquímica: Uniprot (<https://www.uniprot.org/>) y BLAST (<https://acortar.link/B1JD4S>).

A continuación, en clase, los alumnos tratarán de resolver autónomamente las preguntas del ABP2. El tutor desempeñará sólo un papel como guía.

ENUNCIADO DE LA ABP 2

Hemos entendido que las diferencias entre especies se deben a numerosas diferencias en su ADN y, por ende, a muchas diferencias en la secuencia de sus proteínas (diferente secuencia de ADN implica diferente secuencia de aminoácidos y esto se traduce en una diferente función de la proteína). Es por tanto razonable pensar que cuanto mayor sea el grado de identidad entre proteínas de especies diferentes, menos cambios habrán distanciado a ambas especies. Esta idea se conoce como “reloj molecular” y nos ayuda, actualmente, a establecer relaciones taxonómicas entre especies en base a sus secuencias de ADN y proteínas (más eficientemente que sólo analizando estructuras y fenotipos corporales).

A continuación, te presentamos tres secuencias de una misma proteína (la hemoglobina) de tres especies diferentes *Homo sapiens*, *Gallus gallus* y *Gorilla gorilla*. Cada letra es un aminoácido. Alanina (A), Arginina (R), Asparagina (N), Aspartato (D), Cisteína (C), Glutamina (Q), Glutamato (E), Glicina (G), Histidina (H), Isoleucina (I), Leucina (L), Lisina (K), Metionina (M), Fenilalanina (F), Prolina (P), Serina (S), Treonina (T), Triptófano (W), Tirosina (Y), Valina (V). Y se disponen una debajo de la otra, de tal forma que las posiciones de los aminoácidos quedan alineadas. En morado oscuro se resaltan las posiciones que tienen en común las tres

secuencias, es decir, las tres especies; y en morado tenue se apuntan las posiciones en las que las secuencias sólo son compartidas por dos de las especies (Figura 2).



Figura 3. Secuencias (estructura primaria) de la proteína hemoglobina en tres especies: *Gallus gallus*, *Gorilla gorilla* y *Homo sapiens*. El número indica la posición. Se lee de izquierda a derecha. Elaboración propia.

A) ¿La hemoglobina humana es más similar a la hemoglobina de gorila o a la hemoglobina de gallo? ¿en cuántos aminoácidos se diferencian la hemoglobina humana y la de gorila? ¿qué tanto por ciento de la proteína global representa dicha diferencia? Repite este análisis con la hemoglobina de gallo y compara los resultados. Relaciona tu respuesta con tus conocimientos de taxonomía. R Ej. La hemoglobina humana es más similar a la hemoglobina de gorila. Se diferencian sólo en un aminoácido, que representa el $(1/147)$ 0,7 % de la proteína. Respecto a la hemoglobina del gallo, la humana y la de gallo se diferencian en un $(34/147)$ 23 %, un porcentaje mucho mayor que entre la humana y la de gorila. Esto podría responder a la proximidad filogenética. Mientras que *Homo sapiens* y *Gorilla gorilla* son mamíferos, primates y homínidos; *Homo sapiens* y *Gallus gallus* sólo comparten el ser vertebrados, pues *Gallus gallus* pertenece a la clase aves.

B) En la posición 105 encontramos una diferencia entre la hemoglobina humana y la de gorila. Mientras que los seres humanos, en dicha posición, presentamos una arginina (R); los gorilas poseen una lisina (K). ¿Tienen algo en común estos aminoácidos? Investígalo en el siguiente enlace: https://biologia-geologia.com/biologia2/421_clasificacion_de_los_aminoacidos.html

¿Crees que todos los cambios de aminoácidos son igual de relevantes en la función de la proteína? ¿Sería un cambio más drástico si en el gorila hubiera un glutamato (E)? R Ej. Arginina y Lisina tienen en común que ambos son aminoácidos cargados positivamente. Esto implica que aunque en la posición 105 gorilas y humanos tengamos un aminoácido diferente, es

probable que cumpla una función similar, a saber: la formación de algún enlace iónico con otro aminoácido negativo. No todos los cambios son igual de críticos. Por ejemplo, uno de los aminoácidos clave en la función de la hemoglobina es la Histidina que estabiliza el grupo hemo. Si esa histidina se cambiara por cualquier otro aminoácido, la hemoglobina dejaría de funcionar como transportadora de oxígeno molecular. En cambio, como se ha visto, la sustitución de K y R en la posición 105 no repercute en su función, pues, tanto en gorilas como en humanos la hemoglobina transporta oxígeno de forma eficiente.

Comienzo de la sesión 5. Como ya se hizo, se destinarán los primeros minutos de la sesión 5 a la resolución de las preguntas de la actividad ABP2.

Tabla 4. Relación entre contenidos curriculares, criterios de evaluación, objetivos didácticos y competencias ABP2.

ABP	Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Objetivos didácticos	Competencias
ABP 2	C3, C4	14, 15	14.1, 15.1	O2, 4, 7	CCL, AA, CMCCT

Tabla 5. Relación entre las sesiones, su organización, los recursos y lugares empleados ABP2.

ABP	Sesiones	Organización	Recursos	Lugar
ABP 2	Sesión 4 (mayoritariamente)	--Debate en grupo sobre el enunciado de la ABP2 y trabajo en equipo (45 min).	Ordenador del profesor y proyector. Folios a repartir con las preguntas: 1 folio por alumno.	Aula clase
	Sesión 5 (parcialmente)	-Resolución de las preguntas A y B de la ABP2 (10 min).	Ordenador del profesor y proyector	Aula clase

Elaboración propia.

ABP3 (Sesiones: 5, mayoritariamente, y 6, parcialmente)

Sesión 5. Se planteará el enunciado del problema ABP 3 y se contestarán las cuestiones derivadas. En este tiempo, se podría proyectar el vídeo del experimento que se menciona en el texto. Mientras, el profesor explicará lo que sucede en pantalla y podrá interactuar con preguntas y reflexiones con el conjunto de los grupos.

Entonces, en clase, los alumnos intentarán solucionar autónomamente las preguntas del ABP 3. El profesor guía sólo será un apoyo y corrector cuando sea estrictamente necesario.

ENUNCIADO DE LA ABP 3

Estamos habituados a considerar que la evolución es un proceso muy lento que sólo tiene grandes repercusiones manifiestas cuando se consideran escalas de tiempo muy grandes (millones de años). Sin embargo, un equipo de investigadores de la Universidad de Harvard demostró en 2016 que la evolución y aparición de adaptaciones pueden ocurrir en menos tiempo, ¡en sólo semanas!

Harvard Medical School. (2016). *The evolution of bacteria on a "Mega-Plate" Petri Dish.* (Kishony lab) [Vídeo]. YouTube. <https://youtu.be/plVk4NVIUh8>

A) En el vídeo se muestra cómo "la masa de bacterias" se desplaza desde los extremos de la Placa de Petri (donde no hay antibiótico: concentración 0) hacia el centro de la placa (donde hay una concentración de antibiótico cada vez mayor: concentración 1, 10, 100 y 1000). Describid con vuestras palabras lo que creéis que está sucediendo, paso a paso. **R Ej: Una vez las bacterias se han reproducido y ocupado la franja 0, su crecimiento se detiene en la frontera con la franja que presenta antibiótico. Esto estaría impidiendo su proliferación. En este tiempo, mientras las bacterias se reproducen en la franja 0 se estarían cometiendo "errores en la replicación del ADN", esto es, mutaciones naturales. Resultado de una de esas mutaciones, hay una población concreta de bacterias que presenta una adaptación evolutiva que le confiere resistencia al antibiótico. Dado que hay nutrientes disponibles en la Franja 1 esta población prolifera en esta dirección sin competencia biológica hasta alcanzar el siguiente obstáculo. Así, sucesivamente las poblaciones de bacterias irían progresando hacia el centro de la placa superando la presión evolutiva de la selección natural: la presencia de antibióticos.**

B) ¿Qué ocurre cuando las bacterias alcanzan una nueva franja? ¿Por qué se interrumpe durante un tiempo su avance? ¿Las bacterias localizadas en la franja 1000 de concentración

serán genéticamente iguales a las bacterias de la franja 0 de concentración? **R Ej:** En la zona de transición entre dos franjas, se estaría produciendo un cambio en las condiciones ambientales (aumento de concentración de antibiótico) para el que las bacterias no presentarían adaptaciones previas. Se interrumpe un tiempo su avance, porque en ese lapso se estarían acumulando las mutaciones genéticas naturales necesarias para acceder a la siguiente franja. Sólo las mutaciones espontáneas y adecuadas permiten la función: “sobrevivir en medio con más antibiótico”. Resultado de esta acumulación de mutaciones, las bacterias de la franja 1000 serían genéticamente diferentes de las de la franja 0: Las primeras deberían presentar mutaciones y cambios específicos en su interacción con antibióticos.

C) Observa el fotograma extraído del experimento.

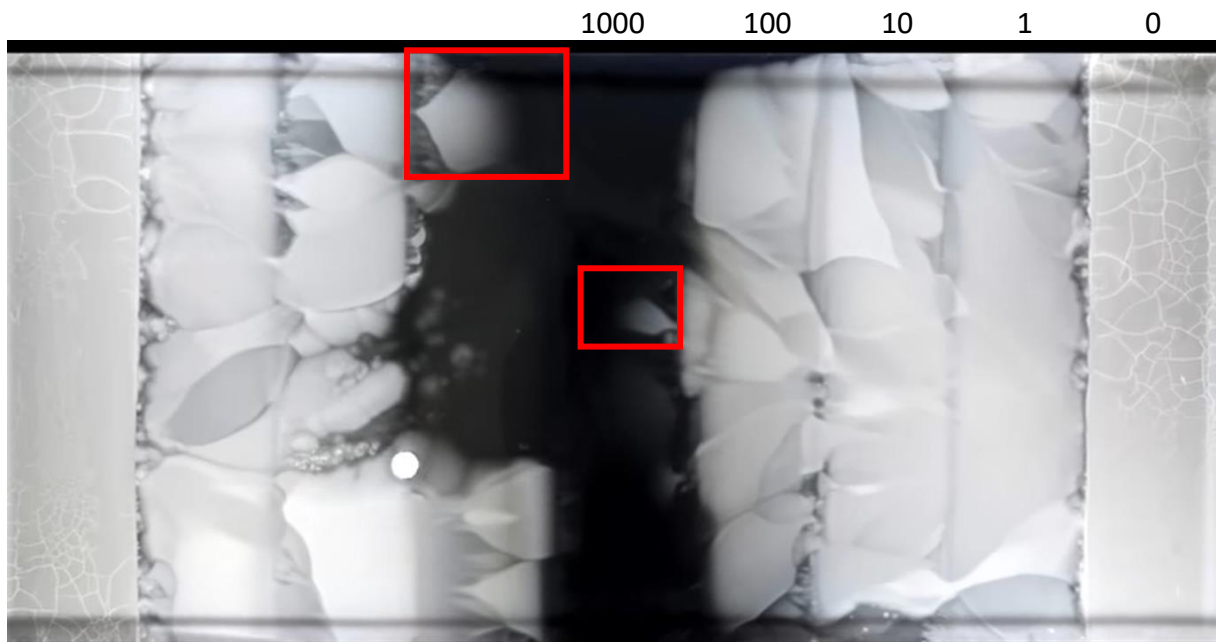


Figura 4. *Fotograma del experimento de Harvard 2016 en el que se señalan poblaciones de bacterias creciendo en abanico hacia el centro de la placa. Los números indican la concentración de antibiótico.*

¿A qué crees que se debe la forma de la masa de bacterias (forma en abanico) cuando avanza hacia la franja de mayor concentración? Contestad a la pregunta poniendo atención a las poblaciones de bacterias señaladas en la imagen anterior. **R Ej.** En las imágenes señaladas se puede apreciar cómo el avance de la masa de bacterias no es uniforme a lo largo de la franja. Por el contrario, parece que, en la base del abanico, hay una población concreta y puntual de bacterias que adquiere la adaptación de resistencia a antibióticos. Es esta población y no las de su alrededor la que prospera en los medios con más antibiótico. De ahí que parezca que el abanico se genere a partir de un punto y se disemine en todas direcciones, como un foco de luz.

D) Proponed, con total libertad, posibles adaptaciones que permitan a las bacterias sobrevivir en medios de alta concentración de antibióticos. ¿Puede tener esto algún impacto en nuestra salud? Investiga sobre el problema de la resistencia a antibióticos. **R Ej. En el paso de la franja 0 a la 1, las bacterias mutantes podrían haber generado una enzima capaz de inactivar la molécula química del antibiótico (por transformación química...). En el paso de 1 a 10, o de 10 a 100, o de 100 a 1000, las bacterias podrían, por ejemplo, haber duplicado la cantidad de copias del gen que codifica para esa enzima de resistencia. Así las bacterias podrían hacer frente a concentraciones crecientes de antibiótico, aumentando la producción de enzimas de resistencia. Según la OMS, la resistencia bacteriana a los antibióticos es una de las grandes amenazas del mundo contemporáneo. El uso abusivo e inadecuado de antibióticos podría favorecer que se creasen cepas resistentes a los antibióticos comúnmente empleados.**

Comienzo de la sesión 6. Se dedicarán los primeros minutos de la sesión 6 a la contestación de las preguntas de la actividad ABP3.

Tabla 6. Relación entre contenidos curriculares, criterios de evaluación, objetivos didácticos y competencias ABP3.

ABP	Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Objetivos didácticos	Competencias
ABP 3	C4	15	15.1	O1, 2, 3, 4, 7	CCL, AA, CMCCT, CSC

Tabla 7. Relación entre las sesiones, su organización, los recursos y lugares empleados ABP3.

ABP	Sesiones	Organización	Recursos	Lugar
ABP 3	Sesión 5 (mayoritariamente)	--Debate en grupo sobre el enunciado de la ABP3 y trabajo en equipo (45 min).	Ordenador del profesor y proyector. Folios a repartir con las preguntas: 1 folio por alumno.	Aula clase
	Sesión 6 (parcialmente)	-Resolución de las preguntas A, B, C y D de la ABP3 (10 min).	Ordenador del profesor y proyector	Aula clase

Elaboración propia.

ABP Final (Sesión: 6, mayoritariamente)

En grupo, los alumnos terminarán de redactar los tres informes de acuerdo con lo reflexionado y añadido durante las correcciones de las diferentes sesiones ABP. Finalmente, se recogerán los tres informes y se reflexionará sobre la experiencia ABP vivida.

Tabla 8. Relación entre contenidos curriculares, criterios de evaluación, objetivos didácticos y competencias ABP Final.

ABP	Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Objetivos didácticos	Competencias
ABP Final	C1, C2, C3 y C4	3, 12, 14, 15	3.1, 12.1, 14.1, 15.1	O1, 2, 3, 4, 7	CMCCT, CCL, AA

Tabla 9. Relación entre las sesiones, su organización, los recursos y lugares empleados ABP Final.

ABP	Sesiones	Organización	Recursos	Lugar
ABP Final	Sesión 6 (mayoritariamente)	--Finalización de la redacción de los informes en grupo (40 min). -Recogida de informes e impresiones finales sobre el ABP (5 min).	Ordenador del profesor y proyector.	Aula clase

Elaboración propia.

3.3.6. Recursos

Esta propuesta, indudablemente, parte de la posibilidad de emplear ciertos recursos y espacios disponibles para su óptimo desarrollo. Por un lado, como se ha comentado en la contextualización del centro, se contará con un aula-clase con posibilidad de proyectar diapositivas PowerPoint en una pantalla. Esto permite el desarrollo satisfactorio de la sesión 3 (ABP 1), en tanto que los alumnos podrán acompañar visualmente sus disertaciones orales con el esquema o resumen generado en grupo. Por otro lado, será necesario contar con el aula de informática comentado para la sesión 2 del ABP 1. Aunque haya tantos ordenadores como alumnos, estos se dispondrán en grupo, próximamente entre sí, para facilitar su comunicación.

Respecto a los materiales, se emplearán para el desarrollo de las dinámicas ABP: la pizarra tradicional (sesiones de aula-clase) como apoyo a las explicaciones del profesor; el proyector conectado al ordenador (sesiones de aula-clase), para proyectar las presentaciones Powerpoint de los alumnos; y los ordenadores con conexión a internet (sesión de aula de informática). Optativamente, cuando las condiciones no permitan el empleo de los equipos informáticos del centro, se permitirá a los alumnos el empleo de sus teléfonos móviles particulares con conexión a internet (sesiones de aula-clase y sesiones de aula informática).

Para facilitar el desempeño de las diferentes ABPs, los alumnos deberán estar familiarizados con una serie de herramientas informáticas. Por tanto, el profesor deberá garantizar este conocimiento básico de la herramienta, ofreciendo materiales de apoyo complementarios para los estudiantes que lo precisen (por ejemplo, el docente podría subir, a la plataforma común con los alumnos, un tutorial en vídeo sobre el empleo de las herramientas en cuestión). En este sentido, el alumno deberá conocer el uso del servicio Google Drive, para la compartición y trabajo de archivos, simultáneamente, por parte del grupo; y el programa PowerPoint, para la creación de las presentaciones de la sesión 3 (ABP 1).

Además de las aportaciones ofrecidas en las hojas de los problemas ABP, el profesor, si lo considera oportuno, podrá recurrir a otros materiales bibliográficos de adecuada calidad, para ayudar a sus alumnos en su búsqueda de información.

3.3.7. Evaluación

Respecto a la evaluación de las mencionadas propuestas ABP, se dispondrán de numerosos elementos evaluables, a saber: las memorias escritas grupales de cada actividad (ABP 1, 2 y 3), las presentaciones orales de la ABP 1 y los elementos observacionales relacionados con la actitud, participación, interés y comunicación del discente, también, como parte integrante de un equipo.

Más concretamente, a continuación, se presenta un compendio de rúbricas para la evaluación de los distintos elementos evaluables dentro de las propuestas ABP (Tabla 10).

Tabla 10. Rúbricas de los elementos evaluables y su nivel de consecución. El número indica el valor del sobresaliente.

Evaluación de la actitud en el trabajo colaborativo					
Respeto por los comentarios y reflexiones dentro del grupo	Suspense Se niega a participar con sus pares.	Aprobado Participa sin respetar a sus pares.	Notable Participa y respeta a sus pares.	Sobresaliente Participación original y valora las opiniones ajenas.	2,0
Interés por la dinámica ABP	Suspense Se muestra reacio a participar en el ABP.	Aprobado Se muestra proclive a participar en ABP.	Notable Se muestra proclive a participar en ABP y muestra interés por la metodología.	Sobresaliente Participa activamente en ABP y propone extenderlo a otros contenidos.	2,0
Nivel de consecución de los objetivos específicos	Suspense No consigue cumplir ningún objetivo planteado.	Aprobado Cumple con algún objetivo aislado de los propuestos.	Notable Cumple con la mayoría de objetivos, pero no todos.	Sobresaliente Cumple con todos los objetivos planteados.	6,0

Evaluación de los informes de las actividades ABP					
Organización y ortografía	Suspense Deficiencias en estructura y ortografía.	Aprobado Aparece cierta estructura, pero hay una deficiencia en ortografía.	Notable Hay estructura de redacción y claridad. Las faltas de ortografía son leves.	Sobresaliente Redacción limpia, clara y estructurada. Empleo de los términos específicos de forma adecuada. Sin faltas.	2,0
Calidad de las respuestas	Suspense No entiende la pregunta y la respuesta es plagiada.	Aprobado Entiende parte de las preguntas y las respuestas son parciales.	Notable Las preguntas están bien contestadas, pero son las respuestas comunes dadas en clase.	Sobresaliente Las respuestas ofrecidas son originales y bien sustentadas más allá de lo visto en clase.	4,0
Búsqueda de información las TIC	Suspense No sabe cómo empezar una búsqueda bibliográfica.	Aprobado Se limita a la primera fuente encontrada.	Notable Realiza una criba de las fuentes, pero no las consulta con el tutor.	Sobresaliente Realiza una criba de una amplia variedad de fuentes y las consulta con el tutor,	4,0

Evaluación de la presentación oral					
Organización y ejecución	Suspense Falla a la hora de comunicarse con la clase. Se pasa del tiempo estipulado. No interviene en las preguntas.	Aprobado Se expresa adecuadamente en sus propias palabras. Se pasa del tiempo estipulado. Interviene pobremente en las preguntas.	Notable Se expresa adecuadamente en sus propias palabras. No se pasa del tiempo estipulado. La contestación a las preguntas es óptima	Sobresaliente Se expresa en los términos específicos del temario. Expresión corporal idónea y contesta a las preguntas de forma óptima.	2,0
Calidad de la información	Suspense La información es incorrecta y diferente a la propuesta por el tutor.	Aprobado La información es la facilitada por el profesor, pero la presentación no está organizada.	Notable La información es la convenida con el profesor y está organizada. Sin embargo, falla algún elemento del eje proteína—órgano.	Sobresaliente La información es la convenida por el tutor y está organizada. Todos los elementos de la presentación apoyan en esquema proteína—órgano.	4,0
Calidad de las respuestas	Suspense Ningún miembro ofrece una respuesta a ninguna pregunta, ni del tutor ni de los pares.	Aprobado Sólo un miembro del grupo participa en la respuesta, pero esta es incorrecta a pesar de la ayuda del tutor.	Notable Los integrantes del equipo participan y las respuestas son adecuadas y debatidas por el profesor.	Sobresaliente Todo el equipo se apoya en la respuesta dando informaciones suplementarias. Responden todas las preguntas derivadas tanto de los pares como del tutor.	4,0

Como se ha comentado en la introducción de este trabajo, también es importante que los alumnos realicen sendos procesos de heteroevaluación y autoevaluación. Para ello, los alumnos —una rúbrica por grupo— evaluarán la presentación oral de sus pares. Respecto a su papel en el grupo, rellenarán la rúbrica sobre la actitud en el trabajo colaborativo.

A su vez, se proponen, adicionalmente, los siguientes criterios de calificación atendiendo tanto a los datos derivados de las rúbricas del tutor, como a los datos derivados de las rúbricas de los compañeros (Tabla 11).

Tabla 11. *Relación entre las técnicas de evaluación, los criterios de evaluación, competencias y su calificación.*

Técnica de evaluación	Criterios de evaluación	Competencias que se van a evaluar	Porcentaje de la calificación
Observación de la actitud en el trabajo colaborativo		CCL, AA y CSC	20
Presentación oral	3, 12	CCL, CD, CMCCT	20
Informe ABP1	3,12	AA, CMCCT	20
Informe ABP2	14, 15	AA, CMCCT, CD	20
Informe ABP3	15	AA, CMCCT, CD, CSC	20

3.3.8. Atención a la diversidad

Por último, también se ha tenido en cuenta la atención a la diversidad. Por un lado, en la organización de los grupos, se ha pretendido generar grupos heterogéneos equilibrados. Esto posibilita, por la transmisión y ayuda entre pares y miembros del equipo, que cualquier alumno que presente problemas de rendimiento académico se sienta respaldado por sus compañeros y esto haga que aumente su motivación. En este sentido, siguiendo el principio III de la DUA (o Diseño Universal para el Aprendizaje) (EDUCADUA, 2011), se ofrecerán

distintas opciones a los estudiantes. Concretamente, se permitirá a los alumnos que así lo deseen, realizar individualmente el trabajo. A este respecto, habría que indicarle al alumno que no tendrá una calificación asociada al trabajo en equipo y que, por ende, ésta será menor. Así mismo, el correo electrónico del profesor estará siempre a disposición de los alumnos para resolver dudas en cualquier momento.

Por otro lado, aquellos alumnos que quieran profundizar aún más en los contenidos explorados tendrán la posibilidad de ello. Concretamente, se les pedirá —con ayuda de un vídeo tutorial elaborado por el tutor— que comparen voluntariamente otros alineamientos de secuencias de proteínas entre especies más o menos alejadas filogenéticamente, empleando las herramientas UniProt y BLAST, y que elaboren una pequeña memoria con los datos recuperados. Este último punto, por ejemplo, iría orientado a la alumna que presenta altas capacidades.

3.4. Evaluación de la propuesta

Como parte final del proceso ABP, para que de estas dinámicas se puedan extraer unas conclusiones utilizables en el futuro, es necesario que también los discentes expresen sus opiniones sobre el proceso vivido. A tal fin, en la sesión 6 (ABP Final), se destinarán los últimos minutos a discutir con los alumnos las impresiones recogidas. Además de esta información oral y compartida, se les facilitará a los discentes unas encuestas que deberán rellenar anónimamente. La encuesta contendrá una serie de preguntas (10 preguntas) que deberán puntuarse de 0 (nada de acuerdo) a 10 (muy de acuerdo).

- 1) Repetiría la dinámica ABP en esta asignatura.
- 2) Repetiría la dinámica APB en otras asignaturas.
- 3) Me han interesado los contenidos impartidos mediante ABP.
- 4) Creo que lo aprendido puedo ponerlo en práctica en situaciones de la vida real.
- 5) He sentido que la dificultad de los problemas era insuperable.
- 6) El tutor nos ha ayudado a orientar nuestro trabajo.
- 7) El tutor nos ha acercado a la investigación biológica real.
- 8) Esta dinámica me ha unido más a mis compañeros.
- 9) Creo que ha sido positivo que los grupos vinieran ya realizados.

10) Pregunta abierta de contestación escrita en la que dejar cualquier comentario o sugerencia para el futuro.

Respecto a la evaluación de la propuesta por parte del propio tutor que la guía, este podría realizar una matriz DAFO. Aunque no tengamos datos reales de la experiencia, sí que podríamos esbozar un ejemplo de matriz DAFO para la propuesta concreta planteada.

Debilidades: Es una propuesta que parte sólo de un marco teórico, esto es, no ha sido testada en la docencia real con un grupo de alumnos de 2º de Bachillerato. Además, si es la única propuesta ABP que se plantea para este grupo de alumnos, esta podría ser percibida como algo excepcional y aislado y no como una actividad curricular al uso tan válida como las clásicas clases de transmisión/recepción.

Amenazas: La dificultad para encajar, en un calendario tan extenso y apretado como el de 2º de Bachillerato, 6 sesiones de experiencia ABP. Además, los alumnos podrían percibir como una pérdida de tiempo esta experiencia, en tanto que podrían sentir que es tiempo que no dedican a memorizar la ingente cantidad de contenidos que necesitan para la prueba de acceso a la universidad.

Fortalezas: La principal fortaleza de esta experiencia es que permite conectar los contenidos del temario con cuestiones filosóficas y sociales del mundo contemporáneo que empiezan a ser percibidas por los alumnos adolescentes de 2º de Bachillerato. Además, aproxima al discente al trabajo grupal y colaborativo de la ciencia.

Oportunidades: Los alumnos que avancen hacia la universidad estarán mejor preparados para enfrentar este tipo de problemas y enunciados. En la vida extraescolar, los alumnos podrán ver enriquecida su capacidad para emitir juicios y razonamientos basados en el espíritu crítico.

4. Conclusiones

Dada la naturaleza propedéutica de la etapa crítica de 2º de Bachillerato, muchos profesores dedican el tiempo de clase, casi exclusivamente, al desarrollo de unos extensos contenidos —

en ocasiones inabarcables (Rubio, 2015)— mediante una metodología tradicional basada en la exposición y la transmisión unidireccional de conocimientos. Frente a este hecho, muchos autores, desde el último cuarto del siglo XX, han propuesto el desarrollo de propuestas de enseñanza-aprendizaje activas basadas en el constructivismo y en el aprendizaje significativo.

En este contexto, numerosos son los abordajes esbozados y llevados a cabo en centros de educación secundaria y Bachillerato basados en el Aprendizaje Basado en Problemas. Los resultados de las investigaciones educativas parecen coincidir en que este tipo de metodologías incrementan la motivación del alumnado y ayudan a conectar los contenidos curriculares con el mundo que los rodea.

Por otro lado, además de la desmotivación del discente, otro de los grandes obstáculos que es necesario superar, para poder extender la red semántica y mental de significados, es la existencia de preconcepciones erróneas que, aunque internamente coherentes, se alejan de la verdad científica contrastable. Es por eso que se ha propuesto, en el presente trabajo, atajar un obstáculo concreto con una herramienta prometedora como lo es el ABP.

Así, se ha esbozado el plan general para implementar tres dinámicas APB en el contexto del Bloque 3 de contenidos curriculares de la asignatura de Biología para 2º de Bachillerato, o lo que es lo mismo, el Bloque de Genética y Evolución. El diseño de estas tres dinámicas pretende, por un lado: acercar al discente a la realidad científica —esto es: la realidad cooperativa, crítica y experimental de hipótesis y experimentos—; y, por otro: derribar falsos preconcepciones extendidos como que “la función de los órganos es la causa de su propio origen” y “que la evolución tarda mucho tiempo en dar frutos apreciables”. Además, el uso de herramientas informáticas, empleadas activamente en contemporáneos centros de investigación (BLAST y UniProt), en un entorno TIC dirigido, puede ser para muchos el primer contacto con actividades de nivel superior universitario; actividades, por tanto, con alto grado de motivación.

Con todo, se concluye que se cumple con el objetivo general del presente Trabajo, así como con los con objetivos secundarios de este. Después de haber analizado, en la literatura educativa las nuevas perspectivas que ofrece el ABP, y haber planificado tres actividades basadas en esta metodología para mejorar la motivación del alumnado; se ha diseñado una intervención educativa, basada en el Aprendizaje Basado en Problemas, para alumnos de

Biología de 2º de Bachillerato, a fin de modificar algunos preconceptos erróneos en materia de neodarwinismo.

5. Limitaciones y prospectiva

El presente trabajo no está, ni mucho menos, exento de grandes limitaciones. Por un lado, cabe recordar de forma global el hecho educativo en la etapa de Bachillerato, en que la exigencia por obtener la máxima calificación en un examen regulado por las instituciones políticas y educativas (la antiguamente llamada Selectividad) hace que muchos docentes prefieran no arriesgar en sus propuestas de 2º de Bachillerato, por miedo a perjudicar a sus alumnos. La pregunta sería, ¿cómo encajar tres dinámicas ABP de seis sesiones de 55 minutos duración en la Biología de 2º de Bachillerato? A este respecto cabría mentar que algunos centros educativos cuentan con prácticas de laboratorio para este curso y que podría valorarse si emplear este tiempo, parcialmente, en alguna de estas actividades ABP. Por otro lado, en la literatura podemos encontrar también experiencias ABP para 2º de Bachillerato. Sin ir más lejos, cabe citar el Trabajo Final de Máster del autor Javier José Río Romero en la UNIR (Río, 2019), que propondría de forma similar una serie de dinámicas ABP para la asignatura de Física de 2º de Bachillerato.

Asimismo, dado que la presente propuesta no se ha ejecutado todavía, ésta permanece en el plano especulativo. Por ejemplo, se desconoce realmente cuál es la naturaleza del grupo-clase concreto implicado en este ABP. Es por eso que se ha tratado con un grupo clase, heterogéneo e ideal, que podría distar mucho de la realidad. Por ejemplo, se ha considerado que el centro tendría una amplia experiencia en la propuesta de innovaciones educativas con multitud de proyectos interdisciplinares y centrados en la etapa de Bachillerato. Es probable, por tanto, que un profesor experimentado en el ABP de ciencias pueda servir de apoyo y matización en la intervención ideal aquí expuesta.

Se propone, por ende, como ejemplo de aplicación de una propuesta sustentada en investigación educativa, la realización de la presente dinámica en un centro educativo similar al presentado, a fin de que de su realización se saquen útiles conclusiones y puntos a cambiar en sus futuras refinaciones e implementaciones. Otra de las mejoras a futuro que se podrían llevar a cabo es la extensión de la propuesta a otros centros —no sólo dentro de la Comunidad de Madrid—, de otras idiosincrasias, con materiales y recursos dispares llevando a cabo las

adaptaciones pertinentes. En este sentido sería muy interesante desarrollar más detalladamente cómo se desarrollarían determinados ajustes para atender a distintas diversidades no mentadas en este trabajo.

Referencias bibliográficas

- Banet, E. (2000). La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento biológico. En: Perales, F.J. y Cañal, P. *Didáctica de las ciencias experimentales*. Valencia: Márfil.
- Caballero, M. (2008). *Algunas ideas del alumnado de Secundaria sobre conceptos básicos de genética*. Enseñanza de las Ciencias, 26(2), 227- 244.
- Campanario, J. M. & Moya A. (1999) *¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas*. Enseñanza de las ciencias, 17 (2), 179-192
- Campanario, J. M. & Otero, J. (2000) *Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias*. Enseñanza de las ciencias, Vol. 18, N 2, p. 155-169. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4036>
- Carola M. (2014) *Detección de preconceptos erróneos en la materia de Biología entre el alumnado de Educación Secundaria*. Trabajo Final de Máster. UNIR.
- Coll, C. (Ed.) (2010). *Desarrollo, Aprendizaje y Enseñanza en la Educación Secundaria*. Editorial Graó.
- De Azcárraga JA. (2003). *Ciencia y Filosofía*. Publicado en *Mètode*, Revista de difusión de investigación de la Universidad de Valencia, págs. 40-46.
- Díaz, F. & Hernández G. (1999) *Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo*, capítulo 2, p. p. 13 a 19, editorial McGRAW HILL, México.
- EDUCADUA. (2011). *Principios del DUA*.
https://www.educadua.es/html/dua/pautasDUA/dua_principios.html
- Harvard Medical School. (2016). *The evolution of bacteria on a "Mega-Plate" Petri Dish. (Kishony lab)* [Vídeo]. YouTube. <https://youtu.be/pIVk4NVIUh8>
- Jiménez, M.P. (2000). Modelos didácticos. En: Perales, F.J. y Cañal, P. (coord.) *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Márfil.
- Jiménez, M. P. (2009). La enseñanza y el aprendizaje de la biología. En: Jiménez, M. P., A. Caamaño, A., Oñorbe, A., Pedrinaci, E. y de Pro, A. *Enseñar Ciencias*. (3ª ed.) Barcelona: Graó.

Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo. (LOGSE).

<https://www.boe.es/eli/es/lo/1990/10/03/1>.

Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. (LOE).

<https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2>.

Linder, C. J. (1993). *A challenge to conceptual change*. Science Education, 77(3), 293–300. <https://doi.org/10.1002/sce.3730770304>

Martín Ortega, E. (2017). *¿Puede ayudar la teoría del cambio conceptual a los docentes?* Tarbiya, Revista De Investigación E Innovación Educativa, (26). Recuperado a partir de <https://revistas.uam.es/tarbiya/article/view/7113>

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

Molina E. (2015). *Uso del Aprendizaje Basado en Problemas como metodología para mejorar el proceso de Enseñanza-Aprendizaje de las ciencias en 4º de la ESO*. Trabajo Final de Máster. UNIR.

Morales, P. & Landa, V. (2004) *Aprendizaje Basado en Problemas*. Theorica, 13:145-157.

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.

Ormrod, J. E. (2005). *Aprendizaje Humano*. (4.a ed.). Pearson Educación.

Ortiz, O. A. (2015). *Metodología para configurar el modelo pedagógico de la organización educativa: un debate sobre la formación, la enseñanza y el aprendizaje*. Bogotá: Editorial Unimagdalena.

Poot-Delgado, C. A. (2013) *Retos del aprendizaje basado en problemas*. Enseñanza e Investigación en Psicología, vol. 18, núm. 2, julio-diciembre, pp. 307-314.

Pozo, J. I. & Gómez, M. A. (2006). *¿Por qué los alumnos no aprenden la ciencia que se les enseña?* *Aprender y enseñar Ciencias*. (5ª ed.) Madrid: Morata.

Pujolàs, P. (2008) *9 ideas clave. El aprendizaje cooperativo*. Barcelona: Graó.

- Ramírez, M. S. (2018). *Modelos y estrategias de enseñanzas para ambientes innovadores*. Editorial Digital, el Tecnológico de Monterrey.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- Reyes Robledo, M. M. (2010). *La formación del profesorado. Motor de cambio en la escuela del siglo XXI*. Revista Educación Inclusiva. Vol. 3, N 3. ISSN (Ed. Impr.): 1889-4208.
- Río, J.J. (2019). *Propuesta metodológica para trabajar la unidad didáctica de «Interacción gravitatoria» en Física de 2º de Bachillerato*. Trabajo Final de Máster. UNIR.
- Rubio Sáez, N. (2015). *El problema de los contenidos en el bachillerato: un aspecto no valorado suficientemente en las reformas educativas*. Tarbiya, Revista De Investigación E Innovación Educativa, (43). Recuperado a partir de <https://revistas.uam.es/tarbiya/article/view/277>
- Sánchez Delgado, P. (2014). *Métodos, principios y estrategias didácticas*. En I. Cantón Mayo y M. Pino-Juste (coord.), *Diseño y desarrollo del currículum*. España: Larousse - Alianza Editorial.
- Tapia MA. (2020) *La enseñanza de la geometría de poliedros en 2º de la ESO a través de aprendizaje basado en proyectos como metodología didáctica*. Trabajo Final de Máster. UNIR.
- TED-Ed. (2015). *La evolución del ojo humano Joshua-Harvey* [Vídeo]. YouTube. https://youtu.be/qrKZBh8BL_U
- Uskola A. (2014). *La enseñanza de la electrónica en instalaciones eléctricas y automáticas mediante Aprendizaje Basado en Problemas a través de Moodle*. Trabajo Final de Máster. UNIR.
- Woolfolk, A. (2014). *Psicología Educativa (12ª edición)*. Pearson.
- Yew, E. H. J., & Goh, K. (2016). *Problem-Based Learning: An Overview of its Process and Impact on Learning*. Health Professions Education. Vol. 2, Issue 2, pp. 75-79. ISSN: 2452-3011. <https://doi.org/10.1016/j.hpe.2016.01.004>.