

ABP: aplicación del "Aprendizaje Basado en Problemas" a la docencia de las asignaturas del Área de Bioquímica y Biología Molecular

Juan Peragón Sánchez, Esther Martínez Lara, Raquel Valderrama Rodríguez, Fermín Aranda Haro, Juan Bautista Barroso Albarracín, Francisco Esteban Ruiz^a, José Rafael Pedrajas Cabrera, Eva Siles Rivas, Ana Cañuelo Navarro, y Alfonso Carreras Egaña.

Área de Bioquímica y Biología Molecular y ^aÁrea de Biología Celular. Departamento de Biología Experimental. Universidad de Jaén. Campus Universitario "Las Lagunillas" s/n, 23071, Jaén, España.

acarrera@ujaen.es

Resumen

Se ha aplicado el sistema de Aprendizaje basado en problemas (ABP) como una herramienta formativa más en la docencia de las asignaturas impartidas por nuestra Área de Conocimiento. El ABP obliga al alumno a diseñar una estrategia para afrontar un determinado problema, buscar información específica sobre el mismo y aplicarla de forma práctica en su resolución. Para poner en práctica este sistema se han ideado una serie de problemas adecuados a los contenidos y nivel de cada una de las asignaturas. El objetivo ha sido el de formar a los alumnos mediante situaciones similares a las que se encontrarán en el futuro ejercicio de su actividad profesional, estimulando así su implicación y participación en las asignaturas. Se ha desarrollado mediante exposiciones en clase y tutorías con grupos de trabajo. Se incluyen ejemplos de ABP de las distintas asignaturas. Para evaluar los resultados de este sistema se ha realizado una encuesta a los alumnos participantes cuyos resultados también se muestran.

INTRODUCCIÓN

En el enfoque docente tradicional, desde primaria hasta la universidad, la docencia se ha basado principalmente en que los alumnos reciben enormes cantidades de información con la esperanza de que la aprendan. Gran parte de esta información no va a ser útil o aplicable en su futura actividad profesional, o es olvidada con mayor facilidad que esfuerzo costó aprenderla. Una de las consecuencias de este sistema docente memorístico es la pasividad de los estudiantes, que van a acabar estando poco o nada motivados y no dejándoles apenas posibilidades de tomar parte en su proceso de enseñanza-aprendizaje.

En este proyecto nos hemos propuesto la utilización de un sistema más participativo centrado en el estudiante, promoviendo el autoaprendizaje con el objetivo de que en él pueda (re)descubrir algunos aspectos importantes de la asignatura.

En el método ABP se invierte el proceso de aprendizaje. En el sistema tradicional primero se da la información y, en su caso, después se utiliza esa información para la resolución de determinados problemas. En el caso del ABP se empieza planteando el problema, y es el alumno el que tiene que identificar qué necesita saber/aprender para resolverlo, buscar esa información, diseñar la estrategia de resolución y, finalmente, aplicar esos conocimientos en la resolución del problema. Esto implica un proceso de búsqueda de información, procesamiento de la misma y, por tanto, adquisición de conocimientos. De esta forma se elimina, en gran parte, la transferencia pasiva de información, ya que una buena parte de ésta es aportada o buscada por él mismo.

Este sistema no sólo cambia la actitud del alumno, sino que también obliga a un cambio en la actividad del docente que, además de ser el profesor, se tiene que convertir en un tutor-facilitador del aprendizaje.

OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto ha sido la elaboración de una colección de recursos docentes útiles que estimulen en el alumno la necesidad de la búsqueda de información y su aprendizaje para la resolución de problemas. De esta forma, no sólo se capacita al alumno a resolverlos usando los conocimientos teóricos adquiridos sino que, también, se le inculca la necesidad de adquirir conocimientos para resolver problemas. También han sido objetivos del presente proyecto: promover el trabajo en equipo, favorecer la organización y planificación del trabajo, fomentar la búsqueda de información adecuada a los objetivos, desarrollar habilidades para aplicar los conocimientos y estimular la capacidad analítica.

Las metas que nos hemos planteado con la aplicación de este método son:

- Adquisición de conocimientos: Se ha aplicado el método ABP a las asignaturas impartidas por el Área de Bioquímica y Biología Molecular, por lo que, lógicamente, el objetivo ha sido la adquisición de los conocimientos propios de cada asignatura y, además, la utilización de los conocimientos adquiridos en otras materias favoreciendo así una visión multidisciplinar en el abordaje de los problemas .
- Adquisición de competencias: Con la aplicación del método ABP también se ha pretendido la adquisición de una serie de competencias, como capacidad de búsqueda de la información, habilidad para seleccionar, analizar, sintetizar y aplicar la información pertinente en cada caso, disposición a la colaboración con los compañeros del grupo de trabajo, capacidad de organización del trabajo, interés en la resolución de problemas y, además, la capacidad de presentación de los resultados finales en forma de proyecto indicando todos los pasos seguidos durante su resolución del problema.
- Desarrollo de actitudes: Igualmente, con este método se ha pretendido que los alumnos cambien desde la actitud tradicional como receptores pasivos de la información, a una nueva actitud activa y dinámica como buscadores y consecuidores de conocimiento.

MÉTODO Y PROCESO DE INVESTIGACIÓN

En este proyecto, el ABP ha sido utilizado como una técnica didáctica más en combinación con las técnicas didácticas tradicionales para conseguir determinados objetivos de aprendizaje.

Metodología:

Problemas ABP: Se han elaborado una serie de problemas específicos del Área de Bioquímica y Biología Molecular como un recurso docente complementario para abordar algunos aspectos de la materia de una forma práctica y lo más real posible. De esta forma, se ha pretendido preparar a los alumnos mediante situaciones similares a las que, posiblemente, se encontrarán en el futuro ejercicio de su actividad profesional, estimulando así su implicación y participación en la asignatura.

Grupos de trabajo: Para la resolución de los problemas ABP, los alumnos de cada curso, de forma voluntaria, formaron grupos de un máximo de 5 alumnos, aunque por diversos motivos ha habido grupos formados por tres alumnos. Estos grupos han trabajado de forma independiente unos de otros y bajo la supervisión de un tutor-facilitador.

Elaboración de problemas ABP: los problemas ABP se han hecho según los criterios expuestos anteriormente y en su elaboración han participado todos los profesores implicados en este proyecto. Su estructura y contenidos se explican con más detalle en otra parte de esta memoria

Presentación del proyecto ABP a los alumnos: En clase de teoría se explicó con detalle a todos los alumnos de la asignatura en qué consiste el Aprendizaje Basado en Problemas, el Proyecto de Innovación Docente que se está llevando a cabo para su desarrollo en nuestra Universidad, así como el procedimiento y método de trabajo que se iba a seguir según está descrito en esta memoria.

Planteamiento de problemas ABP: Cada problema ABP fue planteado en clase con detalle, incluyendo las tutorías y la fecha de presentación del informe final, y facilitado a los alumnos a través de la plataforma de docencia virtual (ILIAS).

Tutorías: Para cada problema ABP se plantearon un mínimo de dos tutorías. Unas de carácter voluntario, para resolver dudas sobre el planteamiento o desarrollo del problema, y otra obligatoria para la entrega del informe final, y a la que debían acudir todos los miembros de cada grupo de trabajo para exponer y presentar en el formato adecuado la solución del problema y los métodos y conocimientos utilizados para solucionarlo.

Tutor-facilitador: El papel del tutor ha sido sólo de orientador y guía del aprendizaje, indicando dónde se puede buscar la información pero no siendo el proporcionador de la misma ni de la solución del problema. La función del tutor, por tanto, no ha sido la de enseñar en el sentido tradicional, sino la de ser el facilitador del proceso de aprendizaje del alumno, estimulando el diálogo en el grupo y, cuando ha sido necesario, planteando a los alumnos las preguntas adecuadas para inducir y estimular su reflexión, con el objetivo de que estos acabasen siendo capaces de aprender por sí mismos sin necesidad de tutorización externa.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El principal resultado de este proyecto, además de lo expuesto en los otros apartados de este trabajo, es la elaboración de un sistema de Aprendizaje Basado en Problemas, incluyendo la elaboración de una colección de problemas ABP, que se ha aplicado a distintas asignaturas impartidas por el Área y que, en los cursos siguientes, seguirá siendo aplicado y ampliado.

Como muestra de este sistema se exponen a continuación algunos ejemplos de problemas ABP elaborados durante el desarrollo de este proyecto.

Ejemplo 1: Estructura espacial de una cadena polipeptídica

Objetivos: Hacer una aproximación a la estructura espacial de un péptido en función de su secuencia de residuos de aminoácidos, indicando los segmentos con posible estructura en hélice- α , los segmentos con posible estructura en hoja- β y los posibles giros. Indicar las interacciones entre aminoácidos próximos en el espacio.

Conocimientos que hay que adquirir y manejar: Fórmula y propiedades de los aminoácidos proteogénicos, estructura espacial de las proteínas, participación e interacciones de los residuos de aminoácidos en la estructura espacial de las proteínas

Recursos: Apuntes, libros de texto, Internet, artículos científicos (ver anexo):

- o Chou P.Y. and Fasman G.D. 1978. Prediction of the secondary structure of proteins from their amino acid sequence. Adv. Enzymol. Relat. Areas Mol. Biol. 47:45-148
- o Levitt, M. 1978. Conformational preferences of amino acids in globular proteins. Biochemistry 17:4277-4285

Fases: Analizar el problema, reconocer qué es lo que se va a resolver, identificar los objetivos de aprendizaje necesarios que hay que asumir, diseñar un plan de trabajo en equipo, buscar, analizar y seleccionar información, usar los conocimientos previos y los adquiridos para resolver el problema, presentar la solución final.

ANEXO-1: Estructura secundaria de las proteínas:

Se han realizado diversos trabajos científicos para definir la tendencia o propensión de los distintos residuos de aminoácidos a formar parte de las estructuras secundarias.

Los autores Chou y Fasman (1978) consideraron que la estructura secundaria de una proteína puede estar en uno de estos 3 estados: hélice- α , hoja- β o giro. Analizaron la base de datos de las secuencias de proteínas y encontraron la distribución de residuos en cada una de estas estructuras. De lo cual analizaron la tendencia intrínseca de un aminoácido a estar en una determinada estructura secundaria. Esta tendencia es propia de cada residuo, pero el que ese residuo esté o no en una determinada estructura no sólo depende de él sino también de los aminoácidos contiguos en la secuencia. Analizando las tendencias de los aminoácidos a formar parte de una hélice- α , $P(\alpha)$, de una hoja- β , $P(\beta)$, o de un giro, $P(\text{turn})$, se puede predecir si un determinado segmento de una cadena peptídica formará o no determinada estructura secundaria. Un valor mayor a 1 indica que el aminoácido tiende a estabilizar la α -hélice, si es inferior a 1 tiende a desestabilizarla, si es en torno a 1 su presencia es indiferente.

Las reglas generales de Chou y Fasman son las siguientes (hay más reglas específicas para algunos aminoácidos):

- Cada secuencia con 6 o más residuos y con valores de $P(\alpha) > 1,03$ y de $P(\alpha) > P(\beta)$ y que no tengan Pro son hélices α .
- Fragmentos de 5 residuos o más y con valores de $P(\beta) > 1,05$ y de $P(\beta) > P(\alpha)$ serán hoja beta.
- Tetrapéptidos con valores de $P(\alpha) < 0,9$ y de $P(\text{turn}) > P(\alpha)$ son posiblemente giros.

Ejemplo 2: Metabolismo

2.1 ABP-Glicólisis: Durante la fermentación láctica, la glucosa se transforma en lactato (ácido láctico) en condiciones anaeróbicas (sin consumo de oxígeno), con un rendimiento energético neto de 2 moléculas de ATP por molécula de glucosa consumida.

1. Analice el estado de oxidación (Apéndice I) tanto del precursor de esta ruta (glucosa) como del producto final (lactato). ¿Hay oxidación neta?
2. Si ha contestado negativamente ¿Cómo se puede producir la oxidación en dos etapas desde 3-fosfogliceraldehído (3PGA) hasta 3-fosfoglicerato (3PG)?
3. Durante la glicólisis se forman 2 moléculas de ATP mediante fosforilación a nivel de sustrato. Si no ha habido oxidación neta durante el proceso, ¿de dónde sale la energía para esta fosforilación?

NOTA-1: Estudie el estado de oxidación del gliceraldehído (su estado de oxidación es el mismo que el 3-fosfogliceraldehído) y del ácido láctico, por un lado a nivel de la molécula completa, y por otro comparando carbono a carbono para entender qué reacciones de oxidación y reducción se han producido realmente en la molécula durante la segunda fase de la glicólisis – fermentación láctica.

NOTA-2: El ácido láctico tiene el mismo estado de oxidación que el lactato, ya que al ionizarse pierde un protón (H^+) pero no pierde ningún electrón.

Apéndice-I: Estado de oxidación de un compuesto orgánico

Un método para calcular el estado de oxidación de un compuesto orgánico consiste en determinar la relación hidrógeno/oxígeno (H/O), es decir los átomos de hidrógeno presentes en un compuesto dividido entre los átomos de oxígeno. Cuanto mayor sea este valor más reducido estará un compuesto, y cuanto menor sea este valor más oxidado estará. Por ejemplo:

- Dióxido de carbono (CO_2): tiene un valor de 0, por lo que está totalmente oxidado
- Metano (CH_4): tiene un valor infinito, por lo que está totalmente reducido
- Ácido palmítico ($CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$): tiene un valor de $32/2 = 16$
- Ribosa ($C_5H_{10}O_5$): tiene un valor de $10/5 = 2$

2.2 ABP-Glicólisis: Algunas levaduras son organismos anaeróbicos facultativos, es decir, en presencia de oxígeno utilizan el metabolismo aeróbico (glucólisis, ciclo de los ácidos tricarboxílicos, cadena transportadora de electrones, etc.) para obtener energía, pero en ausencia de oxígeno su metabolismo se transforma en un metabolismo anaeróbico y obtienen la energía de la fermentación, y viceversa.

Analice de forma razonada qué ocurrirá cuando un cultivo anaeróbico de levaduras sin suministro de oxígeno se cambia a condiciones aeróbicas mediante la exposición a oxígeno:

1. ¿Qué ocurre con la producción de lactato?
2. El consumo de glucosa ¿aumentará o disminuirá?

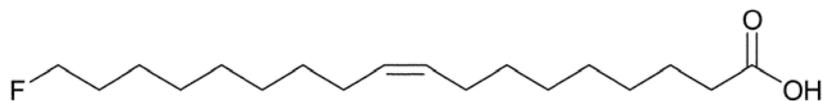
2.3 ABP-Glicólisis: Para el estudio de las rutas metabólicas es frecuente el uso de compuestos radiactivos, como el carbono-14 (^{14}C), para marcar isotópicamente algún metabolito y poder seguir sus transformaciones. Los compuestos isotópicos son bioquímicamente idénticos para las enzimas que los catalizan y reaccionan exactamente igual que los compuestos fríos (no marcados), pero al estar marcados radiactivamente son fáciles de seguir e identificar.

Para estudiar el proceso de la fermentación alcohólica se ha cultivado un extracto de levadura en presencia de glucosa marcada con ^{14}C en el carbono-1 ($[^{14}\text{C}_1]\text{-Glc}$).

Siga el desarrollo de la glicólisis e indique, de forma razonada:

1. ¿En qué posición del etanol aparecerá el ^{14}C ?
2. ¿En que posición o posiciones debería estar el ^{14}C en la glucosa para que se liberase en forma de $^{14}\text{CO}_2$?

2.4 ABP- β -Oxidación-C.A.T.: Las semillas oleaginosas de la especie *Dichapetalum toxicarium*, un arbusto de Sierra Leona (África), contienen, además de muchos compuestos convencionales, varios ω -fluoro ácidos grasos, de los cuales el más abundante es el ácido ω -fluorooléico, un derivado del ácido oleico (18:1 Δ^9) con un átomo de flúor en el último carbono de la cadena (C18), que es muy tóxico para los animales, incluyendo a los humanos.



Ácido ω -fluorooléico

¿Por qué es tóxico el ácido ω -fluorooléico?

Claves:

A) El ácido ω -fluorooléico se degrada mediante la β -oxidación ¿Cuáles serán los productos finales de este proceso? ¿De estos, cuál llevará el átomo de flúor?

B) El producto que lleva el átomo de flúor se comporta, desde el punto de vista bioquímico, igual que el que no lleva flúor. Por tanto, para continuar su degradación oxidativa ¿en qué ciclo entrará?

C) Al entrar en ese ciclo ¿qué producto fluorado se forma tras la 1ª reacción del ciclo?

D) Si, como realmente ocurre, este producto no puede ser reconocido por la segunda enzima del ciclo y, por tanto, no es catalizado por esta enzima:

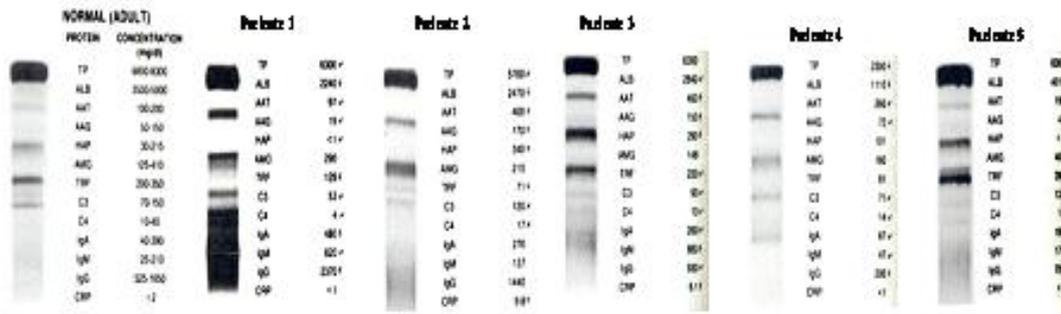
1. ¿Qué ocurre con este producto fluorado si no puede ser metabolizado?

2. ¿Qué ocurre con los precursores del ciclo?
3. ¿Podría seguir funcionando el ciclo?
4. A la vista de las conclusiones obtenidas ¿explique los efectos bioquímicos de la toxicidad de la semillas de *Dichapetalum toxicarium*?

Recursos: Apuntes, libros de texto (Biblioteca de la Universidad), Internet

Ejemplo 3: Bioquímica Clínica

Se ha medido la concentración de proteína total (TP) y la de algunas proteínas plasmáticas en el suero de un individuo sano (normal) y en el de 5 pacientes. Las figuras muestran el proteinograma de cada uno de ellos y los valores de concentración (mg/dl) de las proteínas analizadas. ¿A qué fracción del proteinograma pertenece cada una de las proteínas analizadas? En base a la función de estas proteínas, identifique la posible patología que se refleja en cada uno de los proteinogramas de los pacientes.



Proyección y utilidad de la experiencia:

Como se ha comentado en otros apartados de esta memoria, el diseño y elaboración de un sistema de ABP, junto con las lógicas ampliaciones que se irán haciendo en cursos sucesivos, permitirán la aplicación de este sistema a más asignaturas y con mayor amplitud en las asignaturas en las que ya se está aplicando. Con el sistema de Aprendizaje Basado en Problemas: aumenta el sentido de responsabilidad de los alumnos, se desarrollan habilidades para la adquisición de conocimiento, aumenta la motivación y la actitud crítica, se desarrolla la capacidad de organización, se permite que los alumnos puedan comprobar sus conocimientos, aumentarlos, ordenarlos e integrarlos para su aplicación práctica en la solución de problemas reales, se permite que el aprendizaje curse de forma paralela con el aprender a resolver problemas y, al trabajar en grupo, se favorece la capacidad de colaboración.

EVALUACIÓN Y AUTOEVALUACIÓN

La experiencia desarrollada en el presente Proyecto de Innovación Docente ha sido evaluada por los alumnos mediante una encuesta que recoge diversos aspectos. El primer grupo de preguntas de la encuesta han servido para evaluar el propio método de Aprendizaje Basado en Problemas, en un segundo bloque los alumnos han valorado los objetivos del método y el esfuerzo que a ellos les ha supuesto, el tercer bloque se ha destinado a la evaluación de las aptitudes y actitudes que los alumnos consideran haber desarrollado con la aplicación de este

método, y en un cuarto y último bloque se valora a los profesores-tutores que han participado en la experiencia.

Los resultados obtenidos en esta evaluación han sido muy satisfactorios. Los alumnos, en su mayoría, han evaluado el método como una experiencia muy positiva considerándolo adecuado para la docencia de estas asignaturas y recomendable como método docente para otras de la licenciatura o diplomatura. De la misma forma, consideran que han mejorado en el entendimiento de la asignatura y que los conocimientos adquiridos le serán útiles en la resolución de problemas reales que se encontrarán en su futura actividad profesional. Asimismo, piensan que la utilización del método ABP en la docencia estimula el pensamiento crítico-creativo y el aprendizaje autónomo y favorece el trabajo en equipo. Igualmente, han valorado de forma muy positiva el papel de los profesores-tutores. Se puede apreciar un cambio de actitud que ha pasado de la típica actitud pasiva observada en las clases tradicionales a una actitud de mayor motivación e implicación en su formación, a pesar de que este método les ha supuesto un mayor esfuerzo y dedicación.

AGRADECIMIENTOS

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a:

- los alumnos, objetivo y destinatarios finales del proyecto, por su participación así como por el esfuerzo en la realización de las encuestas de evaluación.
- Secretariado de Innovación Docente, Vicerrectorado de Ordenación Académica y Profesorado de la Universidad de Jaén.