



Uso de programas de simulación para promover la pedagogía activa en la docencia universitaria.

Using simulation software to implement an active learning methodology in the university teaching.

María de la Menta Ballesteros Martín.
Universidad Pablo de Olavide.
mbalmar@upo.es

Ana Moral Rama.
Universidad Pablo de Olavide.
amoram@upo.es

RESUMEN.

La pedagogía activa se fundamenta en que el alumno sea un sujeto activo en su propio aprendizaje y el docente actúe como un facilitador del proceso. Pese a que esta metodología presenta aspectos muy positivos, la mayoría de acciones se realizan en proyectos de escuelas activas ya que son muchas las dificultades para emplearla en el entorno universitario. Sin embargo, se hace patente la necesidad de un cambio desde el aprendizaje tradicional "industrializado" hacia una formación permanente, activa y experimentada para lo que resulta imprescindible el manejo de las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC). En este ámbito, resulta especialmente útil el empleo de simuladores, ya que mediante simulación el alumno es capaz de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con él. En el presente trabajo, se propone el uso del programa informático de simulación de bioprocesos Aspen Batch Process Developer como herramienta para un aprendizaje activo en las enseñanzas prácticas de las asignaturas Procesos Biotecnológicos del Grado en Biotecnología e Ingeniería de los Bioprocesos del Máster en Biotecnología Ambiental, Industrial y Alimentaria de la Universidad Pablo de Olavide. Con el programa informático los alumnos manejarán balances de materia, parámetros de diseño y optimización propios de una industria biotecnológica. Durante el transcurso de las asignaturas se promueve la formación activa de los alumnos mediante el uso de un entorno virtual en el que se deposita material didáctico interactivo.

PALABRAS CLAVES.

Pedagogía activa, nuevas tecnologías de la información y la comunicación, simulación, Aspen Batch Process Developer, Bioprocesos, Campus virtual.

ABSTRACT.

Active learning pedagogy is based in the capacity of the students to be an active subject in their own learning and also the capacity of the teacher to act as a facilitator of the learning process. Although this methodology has many positive aspects, most actions are performed on active schools projects since there are many difficulties to use it in the University environment. However, there is an evident need for a change from the traditional "industrial"



learning towards an active and experiencing learning that will be essential for the management of new communication and information technologies. Specifically, it is particularly useful to use simulators because by means of the use of simulation programs the student is able to design a model of a real system and to conduct experiences with it. In this paper, we propose the use of a bioprocesses computer simulation program called Aspen Batch Process Developer. This program can be used as a tool for active learning in practical teaching courses such as Biotechnological Processes from Biotechnology Degree and Bioprocess Engineering from Master of Environmental, Industrial and Food Biotechnology, coursed in Pablo de Olavide University. Through this simulation program, students will be able to handle mass balances and design and optimization parameters related to a biotechnology industry. During the course, the active learning training of students is promoted through of the use of a virtual platform in which interactive teaching material is placed.

KEY WORDS.

Active pedagogy, new technologies of the information and the communication, simulation, Aspen Batch Process Developer, Bioprocess, Virtual platform

1. Introducción.

Con la creación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), la Universidad se ve obligada a realizar importantes cambios en diferentes aspectos relacionados con el modelo clásico de enseñanza-aprendizaje que incluyen, entre otras muchas acciones, la incorporación de nuevos sistemas y técnicas de apoyo a la docencia. Esto supone una profunda reestructuración del sistema promovido por la Ley Orgánica de Universidades (LOU) y la adaptación tanto de alumnos, como de profesores, al nuevo marco educativo (Lucas *et al.*, 2008). En este contexto, la aplicación de un aprendizaje activo para el desarrollo de competencias en los estudiantes es fundamental, alejándose así del modelo clásico basado en la figura del profesor como un mero transmisor de conocimientos que debían ser memorizados (Cano, 2008) en favor de un profesor que ayuda, supervisa y evalúa la formación de sus alumnos (Merino *et al.*, 2008).

El principio fundamental de la pedagogía activa es que el alumno sea un sujeto activo en su propio aprendizaje y el docente actúe como un facilitador del proceso, observando, motivando y preparando un espacio adecuado, en lugar de ser un mero transmisor de conocimientos. Muchos pensadores y educadores han apostado por este tipo de pedagogía a lo largo de la historia, como Juan Jacobo Rousseau, que abogaba por educar a través de la acción y la experiencia. En la misma línea, el método docente de John Dewey estaba basado en que el alumno adoptara una posición activa frente al aprendizaje y en una educación científica. Otra docente que aplicó estas metodologías en sus aulas, y cuyas prácticas se aplican actualmente en muchas escuelas en todo el mundo, fue María Montessori. Esta profesora prestó atención a las acciones espontaneas de los niños no interferidas por adultos y desarrolló un método de enseñanza basado en nuevos materiales y ambientes preparados, donde ayudar al niño a desarrollar su potencial como ser humano a través de la observación científica de un profesor entrenado (Lillard, 2013).

Desde el siglo pasado han surgido muchas escuelas activas que emplean esta metodología en sus aulas, como las escuelas Free and Open School en Estados Unidos y Europa,



Integrated Day o Summerhill en Inglaterra, Escuela viajera de Dinamarca, École Moderne de Freinet en Francia, Pesta en Ecuador, etc. (Wild & Wild, 2002). En España también hay muchos proyectos de escuela activa como Padeia en Mérida (Badajoz), Ojo de Agua en Orba (Alicante) entre otros, y cada año surgen decenas de nuevos espacios educativos cuyo objetivo principal es la creación de fuertes vínculos entre la escuela y la familia y asegurar que los niños aprendan competencias que les sirvan para la vida¹.

Pese a que la pedagogía activa presenta aspectos muy positivos en cuanto a la mejora del ambiente en el aula, mayor motivación del alumnado, adquisición de conocimiento profundo experimentado, etc., la mayoría de acciones se realizan con alumnos de infantil o primaria y son muchas las dificultades para aplicarla en el entorno universitario. Una de las principales limitaciones es la necesidad de contar con un personal altamente capacitado, puesto que la labor de facilitación es muy compleja. Sin embargo, el profesorado universitario ha sido educado mayoritariamente con programaciones cerradas dentro de una enseñanza tradicional. En los últimos años se empiezan a impartir cursos especializados en algunas universidades españolas pero aún son escasos y principalmente orientados a docentes que trabajan con niños. Asimismo, el número de alumnos universitarios por aula, incluso en las clases de enseñanzas prácticas, sigue siendo muy elevado (en escuelas activas suele haber al menos dos acompañantes en espacios que no superan normalmente los diez niños) lo que dificulta una atención personalizada. Asimismo, el saber del profesor o el cumplimiento de la guía docente no deben ser un obstáculo entre el alumno y su aprendizaje (Saintmartin, 2012).

A lo largo de la historia, el ejercicio de la profesión se ha aprendido por la experiencia cotidiana adquirida, siendo innecesarios los cambios. Más adelante, en los siglos XVIII y XIX se "industrializó" fuertemente la educación aplicando los métodos de producción al aprendizaje. En este contexto se estableció un fuerte paralelismo entre la escuela y la industria, sonando la misma sirena (o en su defecto música), limitando el movimiento a áreas de productividad con alumnos sentados en sus mesas durante muchas horas continuadas, especializando a los alumnos al igual que trabajadores de una sección industrial, primando la productividad (repetición de unidades de información), etc. (Herrero, 2010). Sin embargo, en la era actual, dada la volatilidad del mercado laboral, la formación debe prolongarse a lo largo de la vida profesional por la necesidad de ocupar diferentes puestos de trabajo y orientarse a la reorganización permanente, donde se hace imprescindible el manejo de las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC) (Domínguez, 2003).

En la actualidad, las TIC están continuamente presentes en la docencia universitaria. En concreto, el aprendizaje asistido por ordenador ha supuesto un acercamiento a todo tipo de información, la posibilidad de automatizar numerosas tareas o facilitación de actuación, entre otros. El ordenador, además de ser un instrumento de trabajo personal o grupal, ha servido como herramienta de simulación gracias a la capacidad de representar diversas situaciones a bajo coste (Domínguez, 2003). Mediante simulación el alumno es capaz de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con él, con la finalidad de aprender el comportamiento del sistema o de evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del mismo. De este modo, el aprendizaje a través de la simulación por ordenador puede ser activo y basado en la experiencia que, de otro modo, por imposibilidad de realizarse en la propia empresa o por limitaciones económicas, el universitario no podría llevar a cabo.



La simulación tiene múltiples aplicaciones entre las que destaca su uso cuando una formulación no es analíticamente resoluble o es difícil de resolver y requiere serias simplificaciones. Además, es indispensable para el diseño de experimentos cuando no existe el sistema real o los experimentos son imposibles debido a impedimentos económicos, de seguridad, de calidad o éticos. En este caso el sistema real está disponible para realizar experimentos, pero la dificultad de los mismos hace que se descarte esta opción como, por ejemplo, provocar fallos en un avión para conocer la conducta del piloto. Asimismo, es especialmente útil cuando el sistema evoluciona muy lentamente (como la evolución de la capa de ozono) o muy rápidamente (ej. explosión).

Por simulador entendemos no sólo un programa de simulación y el ordenador que realiza la simulación, sino también un sistema que muestra visualmente los resultados de la simulación. La utilización de paquetes de simulación es una herramienta útil en ingeniería así como en otros campos, ya que permite relacionar los conocimientos adquiridos con problemas aplicados. Sin embargo, el uso de este tipo de software debe ser adecuado ya que no se deben tratar como “cajas negras” de las cuales solamente obtenemos resultados sin saber qué tipo de operaciones se efectúan. Por ello, la simulación debe realizarse con un total conocimiento de las herramientas matemáticas y específicas dependiendo del área de conocimiento, para poder entender de manera clara y poder dar una correcta interpretación de los resultados que el simulador arroja (Seider *et al.*, 2010). Entre 1970 y 1990 comenzaron a surgir simuladores de procesos comerciales y actualmente existen muchos simuladores comerciales cuyas prestaciones son similares. Entre ellos, uno de los más empleados es Aspen Plus y en concreto Aspen Batch Process Developer es el más adecuado para alumnos de Biotecnología, puesto que permite simular gran variedad de procesos que se llevan a cabo en la industria biotecnológica.

El objetivo de este estudio es mostrar experiencias de educación activa llevadas a cabo con el simulador de bioprocesos Aspen Batch Process Developer en las enseñanzas prácticas de las asignaturas Procesos Biotecnológicos del Grado en Biotecnología e Ingeniería de los Bioprocesos del Máster en Biotecnología Ambiental, Industrial y Alimentaria de la Universidad Pablo de Olavide. Asimismo, este trabajo recoge la experiencia adquirida con el desarrollo de un campus virtual interactivo como elemento de motivación integrado en el proceso de aprendizaje.

2. Desarrollo.

2.1. Experiencia con Aspen Batch Process Developer.

Uno de los principios básicos de la pedagogía activa es el aprendizaje mediante la experiencia práctica ya que, a través de la vivencia experimental, se facilita la comprensión del significado o manejo de cualquier sistema. Sin embargo, las experiencias necesarias para el estudio de la industria de bioprocesos deberían llevarse a cabo *in situ*, siendo inviable su aplicación en el entorno universitario. La simulación mediante programas informáticos como Aspen Batch Process Developer, se presenta en este estudio como una solución de compromiso a la aplicación práctica a escala industrial. Es especialmente útil el empleo de simuladores, ya que el alumno adquiere la capacidad de diseñar un modelo de un sistema



real y llevar a cabo experiencias con él sin tener que estar presente en la industria objeto de estudio.

Para que los alumnos aprendan a manejar el programa de simulación se propone la realización de una práctica en un aula de informática con grupos de 15-20 alumnos. El profesor lleva a cabo la simulación en su ordenador y, mediante su visualización en PowerPoint, guiará a los alumnos en su realización que será paralela e individual. Durante el transcurso de la simulación, el profesor debe ir resolviendo las dudas expuestas por los alumnos. En la práctica se simula el cultivo en biorreactor de una industria farmacéutica que fabrica activador tisular del plasminógeno (en inglés: Tissue Plasminogen Activator o t-PA). Los activadores del plasminógeno son potentes enzimas que desencadenan la degradación proteolítica de los coágulos de sangre que causan accidentes cerebro-vasculares y ataques al corazón. El t-PA es una proteína recombinante compuesta de 562 aminoácidos que se encuentra en las células endoteliales que recubren el interior de los vasos sanguíneos y se emplea en medicina para el tratamiento de enfermedades que provocan coágulos sanguíneos, como el embolismo pulmonar, el infarto de miocardio y la isquemia cerebral. La compañía estadounidense Genentech produce este fármaco utilizando células de ovario de hámster chino (CHO) que contienen tPA-DNA, aislado de células de melanoma humanas en su genoma. Esta industria cultiva las células tPA-CHO en un medio rico en nutrientes (HyQ PF-CHO) que incluye una mezcla de, sales, aminoácidos, insulina, factores de crecimiento y transferrina. Además, emplea agua estéril, aire y CO₂. Junto con el t-PA se generan endotoxinas que deben retirarse, detritus celular, agua residual y emisiones de gas, especialmente nitrógeno del aire, oxígeno y CO₂ (Seider *et al.*, 2010).

Para satisfacer la demanda del mercado, la compañía tiene que producir 80 Kg/a de tPA que vende a \$2000/0,1gramo-dosis, por lo que los beneficios ascienden aproximadamente a \$1,6 billones/a. Basándose en datos de laboratorio, los investigadores decidieron diseñar el sistema de la Figura 1 en el que se mezcla el medio de cultivo seleccionado con agua, se filtra y se mantiene en un tanque de retención. Las células tPA-CHO son duplicadas hasta una densidad de $3 \cdot 10^6$ CFU/mL, ya que a mayores concentraciones el cultivo es demasiado denso y las células comienzan a morir rápidamente. Por ello, la compañía cultiva las células en un primer fermentador hasta esta concentración y con la biomasa acumulada se inocula un segundo biorreactor. A la salida del segundo fermentador se coloca un tanque de retención en el que se acumula el cultivo (enfriado previamente) para su posterior centrifugación (Seider *et al.*, 2010).



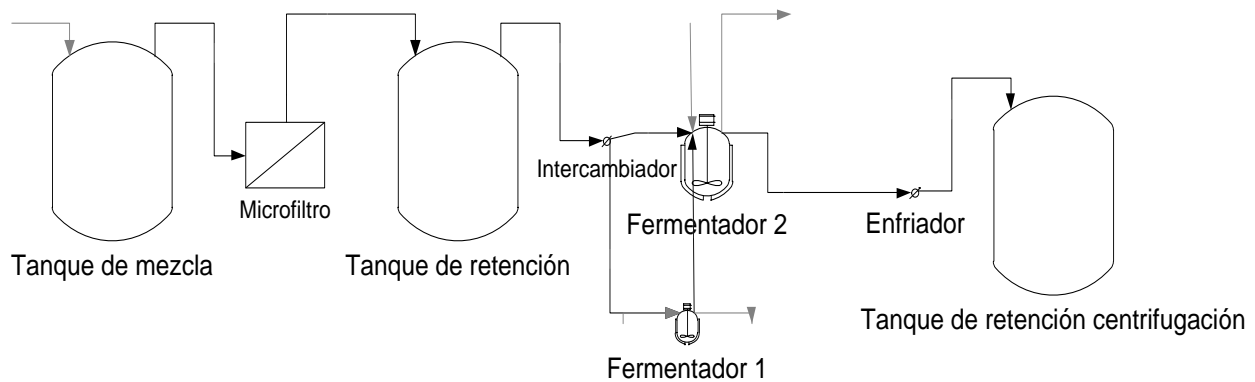


Figura 1. Diagrama de flujo de la síntesis de t-PA

La secuencia de operación es la siguiente (Seider *et al.*, 2010):

1. Cultivo en biorreactor

1.1. Inicialmente, un tanque de mezcla se carga con 458,3 kg de medio HyQ PF-CHO con un tiempo de carga de 1 h. Se carga también con 3565 kg de agua con un tiempo de carga de 1 h.

1.2. El material es enfriado a 4°C durante 1 d.

1.3. Dicho material se mantiene en el tanque durante 2 d.

1.4. Después de este tiempo, se transfiere a un sistema de microfiltración (0.2 µm) en modo discontinuo. Componentes sin especificar van hacia el permeado. El tiempo de operación es de 2 h y la corriente de permeado se envía a un tanque de retención.

1.5. A continuación, se carga el fermentador 1 (40 L, volumen mínimo 1 L) con 1,2 kg de células de tPA-CHO con un tiempo de carga de 1 h.

1.6. Se transfieren 21,2 kg de material durante 0,5 d del tanque de retención al Fermentador 1 a través de un Intercambiador de calor. La temperatura final es de 37°C.

1.7. En el fermentador 1 se producen (% en peso) 15,29 % (en fase sólida) y 0% (en fase líquida) de células tPA-CHO, 0,01% de endotoxina (en fase líquida), 84,69% (en fase líquida) de agua y 0,01% (en fase líquida) de tPA. No queda medio de cultivo ni en la fase líquida ni en la sólida. El tiempo de fermentación es 5 d y continuamente se añaden 0,3 kg de aire y 0,02 kg de CO₂.

Operación en paralelo

Serie

1.8. Los productos del fermentador 1 se transfieren al Fermentador 2 (400 L, volumen mínimo 1 L) en 0,5 d. Se transfiere el 100% del contenido del Fermentador 1.

1.9. Entonces, 293,5 kg de medio del tanque de retención son calentados a través del Intercambiador de calor hasta 37°C y enviados al fermentador 2 en 0,5 d.

1.10. En el fermentador 2 se producen (% en peso) 11,7 % (en fase sólida) y 0% (en fase líquida) de células tPA-CHO, $7,67 \cdot 10^{-4}$ % de endotoxina (en fase líquida), 88,3% (en fase





líquida) de agua y 0,039% (en fase líquida) de tPA. No queda medio de cultivo ni en la fase líquida ni en la sólida. El tiempo de fermentación es 7 d y continuamente se añaden 4,5 kg de aire y 0,4 kg de CO₂.

Serie

1.11. Mientras tanto, se vacía el fermentador 1 y se limpia con 60 Kg de agua durante 20 h (el tiempo de carga es de 1 min).

1.12. Después de la limpieza se esteriliza a 130°C. Es necesaria 1 h para el calentamiento y la temperatura se mantiene durante 2 h. Posteriormente se lleva hasta 20°C (1 h es necesaria para el enfriamiento).

Finaliza la operación en paralelo

1.13. El 100% del cultivo obtenido en el fermentador 2 es transferido a un Tanque de retención para centrifugación posterior del cultivo. La transferencia se hace a través de un Intercambiador de calor. La temperatura final es de 4°C y el tiempo de transferencia de 0,5 d.

1.14. Al igual que el fermentador 1, el fermentador 2 es vaciado y limpiado con 600 kg de agua durante 20 h (el tiempo de carga es de 1 min).

1.15. Finalmente el fermentador 2 se esteriliza en las mismas condiciones que el Fermentador 1 (1.12.).

Una vez concluida la simulación, la metodología docente empleada será el aprendizaje basado en problemas, con la que los estudiantes, de forma autónoma y guiados por el profesor, deben dar respuesta a diversos problemas propuestos. En primer lugar, los alumnos determinarán el tiempo de ciclo dibujando un diagrama de Gantt e identificarán la unidad “cuello de botella”. Con esta tarea los alumnos aprenderán a distribuir las secuencias de operación en una industria y podrán calcular cuántos días se reducen al trabajar con la operación en paralelo. Posteriormente, para que no trabajen con la simulación como si se tratara de una “caja negra”, verificarán el balance de materia indicando los kg de tPA que se obtienen al final del proceso. Finalmente, valorarán el tamaño más adecuado de los equipos y generarán el diagrama 3D de la industria (Figura 2) y el diagrama de flujo del proceso con Microsoft Visio (Figura 1) con lo que podrán visualizar la industria simulada.



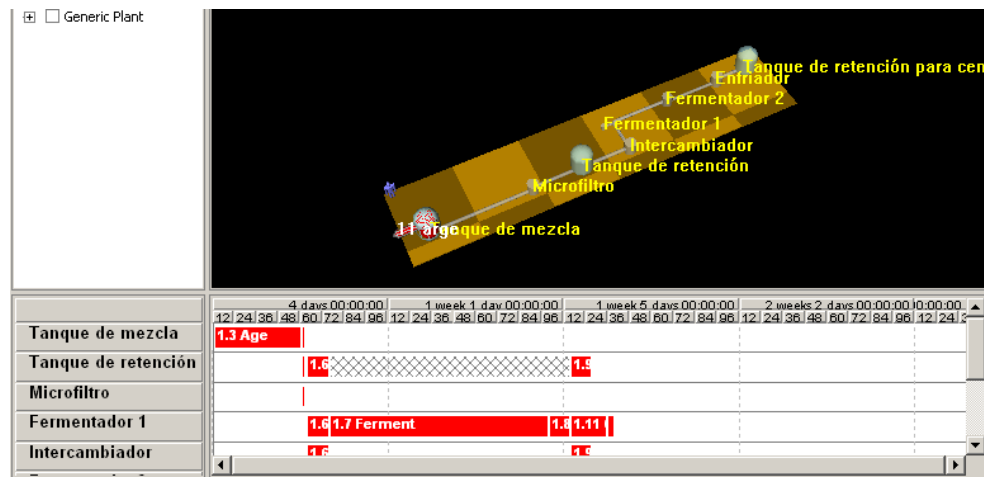


Figura 2. Diagrama 3D de la industria simulada en Aspen Batch Process Developer.

La finalidad de esta metodología reside en comprender e integrar los conceptos expuestos durante las enseñanzas básicas de las asignaturas. Asimismo, los alumnos consiguen un alto nivel de aprendizaje del programa de simulación de forma autónoma, profundizando en conceptos y procedimientos y adquiriendo las habilidades necesarias para su correcto manejo. El profesor debe procurar en esta fase que el alumno sea activo y responsable de su propio aprendizaje, que reflexione y realice una autoevaluación de sus respuestas (Pérez, 2005).

Una vez que la práctica ha concluido, se propone la realización de un trabajo en grupo en el que los alumnos (en grupos de 3-4 personas) deben elegir una industria biotecnológica y llevar a cabo la simulación completa. Previamente a su realización, el profesor fomenta la motivación del alumnado (que se encuentra en el último año de Grado o cursando un Máster y está especialmente sensibilizado con la búsqueda de trabajo) indicando que se elijan industrias en las que les gustaría desarrollarse a nivel profesional. Así, mediante la realización del trabajo en grupo, adquirirán conocimientos específicos y vocabulario típicos de la industria en la que van a llevar a cabo una supuesta entrevista de trabajo y estarán más preparados para su exitosa realización.

Las principales tareas que deben realizar en el trabajo en grupo son:

- Búsqueda del estado del arte de la investigación en el campo de aplicación de la industria seleccionada.
- Análisis del mercado para determinar la producción adecuada y calcular, mediante balances de materia, las materias primas y otros reactivos necesarios.
- Simulación y verificación de los balances de materia y tamaños de los equipos adecuados.
- Otras: ubicación de la planta, potencial económico de la industria, etc.

La metodología docente empleada durante la realización del trabajo en grupo está basada en el método cooperativo con el fin de optimizar el aprendizaje. Con esta metodología los alumnos desarrollan numerosas habilidades interpersonales y de trabajo en equipo, promoviendo la retroalimentación y la preocupación por su propio aprendizaje (Pérez, 2005) y el de los compañeros, puesto que los trabajos en grupo deben exponerse de forma oral por todos los integrantes y se les puede preguntar por cualquier parte del mismo trabajo. En este proceso es especialmente importante la aplicación de una pedagogía activa, por lo que el papel del profesor se centrará en la facilitación del desarrollo del trabajo, siendo poco intervencionista y actuando como guía y orientador, sugiriendo páginas de consulta o referencias bibliográficas interesantes. El alumno es, durante todo el proceso, el protagonista de su propio aprendizaje y el profesor debe confiar en que el alumno sepa gestionarlo adecuadamente y decidir hasta dónde quiere profundizar sus conocimientos. Para ello, es imprescindible el ejercicio de motivación previo realizado por el docente ya que el éxito del proceso está supeditado al disfrute que el alumno obtiene de él.

2.2 Desarrollo de un sistema virtual.

La mayor parte de plataformas y entornos de aprendizaje virtual ofrecen multitud de funcionalidades, aunque generalmente este potencial no suele tenerse en cuenta por parte de los docentes, empleándose simplemente como repositorios de elementos estáticos como presentaciones de clase, enunciados de ejercicios, etc. (McCreanor, 2000; Sangrá & Sanmaned, 2004). Así, paralelamente a la realización de la práctica, se diseñó un entorno virtual con el fin de fomentar la formación activa de los alumnos, su participación en el desarrollo de la clase y aumentar la motivación de los mismos para alcanzar unas mayores capacidades.

En base a las principales competencias que debe adquirir el estudiante al cursar estas asignaturas (McCabe & Smith 1968; Shuler & Kargi, 1992; Godia & López 1998; Alba, 2004; ANECA, 2005), se han desarrollado test de autoevaluación a través del Aula Virtual para que el alumno sea capaz de observar su evolución en la adquisición de dichas competencias. Asimismo, aprovechando las posibilidades que ofrece el Aula Virtual para la realización de actividades no presenciales del alumno, se creó un material didáctico para facilitar la autocomprensión y el aprendizaje autónomo. Para ello, se elaboraron, en formato PowerPoint, las presentaciones con imágenes fotográficas propias.

La plataforma se organizó en diferentes secciones, entre las que destaca la separación entre contenidos, que recoge todos los materiales didácticos proporcionados por el profesor (apuntes, presentaciones de clase, etc.) y actividades evaluadoras, en las que se han incluido todas las actividades que formarán parte en la evaluación de las competencias adquiridas durante el curso. En este punto, se ha tratado de mantener en todo momento una comunicación multidireccional, incluyendo y fomentando el uso de herramientas de comunicación profesor-alumno y alumno-alumno para la búsqueda de soluciones a los problemas planteados en clase y dificultades de aprendizaje.

Además de la inclusión del material didáctico, ejercicios y autoevaluaciones en la plataforma virtual, se generó un material didáctico en formato CD-ROM, destacando su accesibilidad y su uso interactivo, a la vez que se establecieron unos protocolos de seguridad para proteger toda la información, facilitando su utilización y manejo. Se ubicaron los hipervínculos en un



sector apartado, utilizando técnicas verticales para que la información tuviera formato lineal y se diseñaron nuevas ventanas en los documentos en formato PDF para evitar que el usuario tuviera que retroceder en la navegación.

Tras el desarrollo descrito, los resultados del aprendizaje esperados que tienen relación con las competencias propias de las asignaturas propuestas deberían incluir

- La integración de los fundamentos de la ciencia de la ingeniería en el desarrollo de productos a escala industrial
- Cálculo, interpretación y racionalización de los parámetros relevantes en fenómenos de transporte y los balances de materia y energía en los procesos industriales.
- Planteamiento de un problema de diseño y propuesta de alternativas razonando científica y técnicamente la solución adoptada.
- Conocimiento y aplicación de los criterios de escalado y desarrollo de procesos biotecnológicos bajo parámetros económicos.

Asimismo, mediante el manejo del programa informático y el uso del entorno virtual se busca que los alumnos sean capaces de:

- Visualizar una industria biotecnológica al completo.
- Comprender, exponer y transmitir información obtenida de distintas fuentes y generar información y estrategias de transmisión del conocimiento elaborado por uno mismo.
- Participar en equipos de trabajo diferentes y en contextos disciplinares variados, asumiendo responsabilidades operativas para con otros miembros del equipo, tomando decisiones de forma autónoma sobre las actividades a realizar y gestionando los recursos del equipo.
- Participar activamente en su proceso de aprendizaje

3. Conclusiones.

En el presente estudio, se propone el uso de simuladores, y en concreto Aspen Batch Process Developer, por ser el más adecuado para alumnos de Grado y Máster de Biotecnología, como una herramienta para fomentar la pedagogía activa en las enseñanzas prácticas de las asignaturas Procesos Biotecnológicos del Grado en Biotecnología e Ingeniería de los Bioprocesos del Máster en Biotecnología Ambiental, Industrial y Alimentaria de la Universidad Pablo de Olavide. Mediante el manejo de este simulador, los alumnos experimentan la aplicación práctica del diseño y manejo de operaciones básicas y balances de materia a escala industrial. Asimismo, interpretan los resultados obtenidos en la simulación, valoran el tamaño más adecuado de los equipos que componen la industria y visualizan la industria simulada. Las metodologías docentes aplicadas fueron, en primer lugar, el aprendizaje activo basado en problemas para comprender e integrar los conceptos básicos y adquirir las habilidades necesarias para el manejo correcto del simulador. Seguidamente, mediante la realización de un trabajo en grupo de forma cooperativa, se profundiza en el aprendizaje de conceptos y vocabulario específicos de una industria seleccionada por los alumnos. Durante todo el proceso de aprendizaje se fomenta la



aplicación de la pedagogía activa mediante el papel de motivador, facilitador, asesor y orientador del docente y mediante el aseguramiento de que el alumno sea el protagonista de su propio aprendizaje

La adaptación educativa a las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC), así como la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje a nivel universitario utilizando el espacio virtual, debe facilitar la aplicación de la pedagogía activa en las aulas universitarias. Asimismo, el desarrollo de nuevos recursos de apoyo como el material didáctico interactivo elaborado, facilitará la adquisición de conocimientos y una mejor formación del estudiante, con menor pérdida de tiempo (traslados al aula, biblioteca, tutorías, etc.). Con el material didáctico interactivo propuesto se pretende incrementar el grado de autonomía en el aprendizaje del alumno, facilitando la creación de un escenario de exploración personal individualizado.

4. Referencias.

- Alba, C. (2004). *Viabilidad de las propuestas metodológicas derivadas de la aplicación del crédito europeo por parte del profesorado de las universidades españolas, vinculadas a la utilización de las TIC en la docencia e investigación*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- ANECA (2005). *Libro Blanco de las Titulaciones de Grado y Post-grado de Bioquímica y Biotecnología*. Madrid.
- Cano, M.E. (2008). La evaluación por competencias en la educación superior. *Revista de currículum y formación de profesorado* 12 (3) 1-16.
- Coss, R. (1998). *Simulación: un enfoque práctico*. México D.F.: Limusa.
- Domínguez, P. L. (2003). Metodología activa y aprendizaje autónomo con las TIC, *Rev. Dept. Didáctico de las lenguas y las Ciencias Humanas y Sociales* 24, (1), 1-20.
- Godia, F. & López, J. (1998). *Ingeniería Bioquímica*. Madrid: Síntesis..
- Herrero, J. (2010). *Bases científicas para una nueva educación*. Orba: Ojo de Agua.
- Lillard, A. S. (2013). Playful Learning and Montessori Education. *American Journal of Play* 5 (2) 157-186.
- Lucas, S., García, P.A., Bolado, S., García, M.T., González, G. & Urueña, M.A. (2008). Teaching and learning strategies and evaluation changes for the adaptation of the Chemical Engineering degree to EHES; *Education for Chemical Engineers* 3: 33-39.
- McCabe, W.L. & Smith, J.C. (1976). *Unit Operations of Chemical Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- McCreanor, P. T. (2000). Developing a web-enhanced course: A case study. *The proceedings of 2000 IEEE 30th ASEE/IEEE frontiers in education conference*.
- Merino, J., López, E. & Ballesteros, C. (2008). El profesor universitario en la Sociedad de la Información y la Comunicación. *Revista Espacio y Tiempo: Revista de Ciencias Humanas* 22, 213-231.
- Pérez, M. (2005). Rol docente y pedagogía activa en la formación universitaria. La enseñanza centrada en el aprendizaje del alumno. Adaptación del programa al EEES. *Humanismo y Trabajo Social* 4, 153-175.





- Saintmartin, P. (2012). Otra educación infantil: la escuela activa. *Reflexiones y Experiencias en Educación* 7, 1-11.
- Sangrá, A. & Sanmaned, M. (2004). *La transformación de las universidades a través de las TIC, discursos y prácticas*. Barcelona: OUC.
- Seider, W.D, Seader, J.D., Lewin, D.R., & Widagdo, S. (2010). *Product and Process Design Principles. Synthesis, Analysis, and Evaluation*. Asia: John Wiley & Sons.
- Shuler, M. & Kargi, F. (1992). *Bioprocess Engineering.*, New Jersey: Prentice Hall PTR.
- Wild, R. & Wild, M. (2002). *Educar para ser. Una respuesta frente a la crisis*. Quito: Fundación Educativa Pestalozzi.

¹<http://ludus.org.es/es/projects>

