

MEMORIA

EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS: UN PUNTO DE PARTIDA PARA OBTENER UNA VISIÓN INTEGRADORA DE LA FISIOLÓGÍA HUMANA

Alicia Rodríguez Barbero
Departamento de Fisiología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Salamanca

Objetivo

Desde hace años trabajamos con la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas en la Facultad de Medicina de la Universidad de Salamanca con el ánimo de lograr que los alumnos practiquen el aprendizaje autónomo. Esto implica que el alumno tenga la habilidad de aprender por cuenta propia; que administre su propio proceso de aprendizaje, que identifique lo que quiere aprender, organice las actividades necesarias, evalúe este proceso y lleve a cabo las modificaciones precisas para mejorar el proceso. La experiencia nos indica que esto no es fácil, la asignatura se encuentra en el segundo curso del grado de medicina, los alumnos son muy jóvenes y no tienen experiencia en el trabajo autónomo, el enfrentamiento a problemas complejos y la organización del tiempo.

La evaluación de nuestro trabajo con los alumnos, llevada a cabo el curso 2011-2012, nos orientó a modificar el acercamiento a la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas con el objetivo de conseguir una visión integrada de la Fisiología Humana.

Esperamos que esta nueva forma de acercamiento hacia los mecanismos fisiológicos les estimule y sea útil, no solamente para el momento actual, sino durante todo el resto de su vida estudiantil y profesional. La incorporación de las tareas semanales pretende ayudarles a organizar su tiempo de estudio. En todo momento estamos muy atentos a que los alumnos aprendan a aprender.

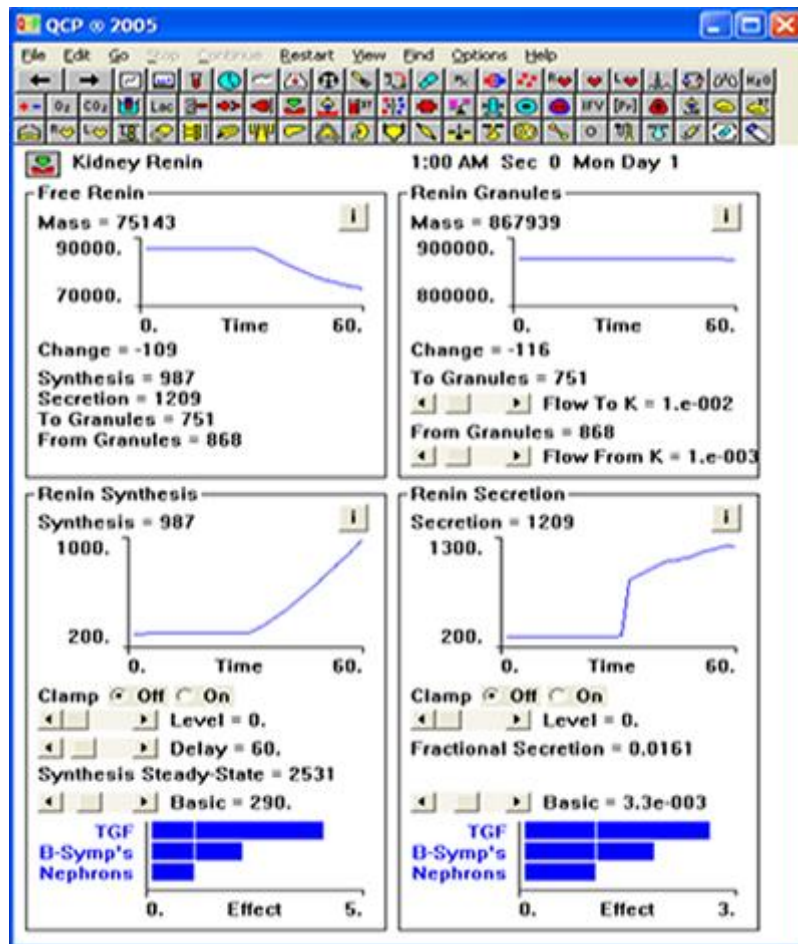
Al terminar esta experiencia, los alumnos serán capaces de enfrentarse a un problema fisiológico y resolverlo aplicando todos los mecanismos de detección y respuesta del organismo. Además, los alumnos serán capaces de buscar, organizar y coordinar la información necesaria para defender su trabajo de forma oral y escrita.

Esperamos que esta experiencia tenga un gran impacto sobre la docencia al cambiar la actitud del estudiante responsabilizándose de su propio aprendizaje el momento actual y en el futuro. Los futuros médicos aprenderán que van a estar formándose durante toda su vida profesional y que este es un muy buen momento para empezar a aprender a hacerlo.

Metodología

En el presente proyecto hemos utilizado un modelo de simulación por ordenador, el QCP (Quantitative Circulatory Physiology), este es un modelo matemático de fisiología humana integrada desarrollado por Thomas Coleman en la Escuela de Medicina de la Universidad de Mississippi, y disponible en internet de forma gratuita (<http://physiology.umc.edu/themodelingworkshop>). Este modelo permite modificar, de forma integrada 4,000 variables fisiológicas, proporcionando así un ambiente de enseñanza-aprendizaje que mimetiza los problemas clínicos que se encuentran en la práctica de la medicina.

La estructura de este modelo se basa en las respuestas fisiológicas publicadas en la literatura y sirve como un compendio dinámico de conocimiento fisiológico. Este programa utiliza soporte Windows y permite obtener respuestas biológicas a lo largo del tiempo y modificar unos 750 parámetros fisiológicos. Este es un modelo muy interesante para comprender los mecanismos de las funciones fisiológicas y las interacciones entre distintas variables que no son intuitivamente evidentes. Este modelo puede ayudar a presentar la fisiología humana desde un punto de vista integrado, algo que es difícil conseguir con las clases teóricas y prácticas habituales.



El escenario general se presentó de la siguiente manera:

- 1.- Los estudiantes se dividieron en grupos de 15 alumnos y se les asignó un tutor.
- 2.- Se acomodaron a los alumnos en un aula con 15 ordenadores (un ordenador por cada 2 estudiantes), y se presentó el objetivo del curso, la metodología a utilizar, el tiempo que se

iba a dedicar a cada actividad en las **cinco sesiones** en las que dividimos el curso; las tareas a realizar y los criterios de evaluación que iban a ser aplicados.

Los alumnos contaban con el material necesario para la realización de las tareas individuales que se les encomendaron a lo largo del curso y para la realización de la memoria final en grupos. Todo el material les llegó a través de STUDIUM, incluido el programa de ordenador que han utilizado para la realización del curso y que es una herramienta de alto valor educativo para su futuro.

PRIMERA SESIÓN

Se realizó una presentación del proceso de enseñanza-aprendizaje que se siguió a lo largo del curso y de la metodología que se utilizó:

- Proceso de aprendizaje: Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)
- Metodología en clase: Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO)
- Trabajo del alumno: Plataforma de comunicación STUDIUM
- Tutorías: grupales e individuales en clase y a través de STUDIUM.

La descripción de cada uno de los procesos de metodología se encuentra en el ANEXO 1.

En la primera sesión se utilizó el simulador por ordenador QCP 2005. El aula de informática nos permitió trabajar simultáneamente con los alumnos. Se trabajó sobre la determinación del volumen de sangre que se pierde en una hemorragia y la monitorización que el programa QCP muestra a lo largo del tiempo.

Se les asignó la **primera tarea**: encontrar el volumen sanguíneo que puede perder el paciente del simulador QCP que le permita mantenerse con vida e indicar la posición en la que se encuentra el paciente: tumbado, sentado, de pie. Esta tarea comienza a resolverse en el aula y continúa como trabajo personal individual para los alumnos.

3.- Antes de la segunda sesión los alumnos enviaron a su grupo en **STUDIUM** la tarea asignada en la primera sesión que fue evaluada por el tutor.

SEGUNDA SESIÓN

4.- Se comentó la tarea de la sesión anterior. Para ello se realizará una puesta en común por parte de los alumnos y se fomentó la discusión y la máxima participación de los alumnos. Contamos con 5 grupos en cada sesión.

5.-Definimos en grupo las condiciones del caso clínico: “Rodolfo, un varón de 37 años, 178 cm de altura y 77 Kg de peso, sin antecedentes médicos importantes; sufre un accidente doméstico que le provoca una herida profunda en un brazo como gran pérdida de sangre. Cuando llegan los servicios de emergencias (10 minutos más tarde), se lo encuentran sentado, inconsciente y rodeado de mucha sangre. Los servicios de emergencias detienen la hemorragia y le tumban en una camilla para llevarle al hospital. Rodolfo es mantenido en el hospital con comida y bebida a demanda hasta que se recupera.” Para ello se definirán las siguientes condiciones en el programa QCP: Hemorragia 1500ml en 10 minutos. Posición sentado. Avanzar 10 minutos y cambiar la posición tumbado.

6.-Orientamos a los alumnos en la utilización del programa QCP: como se modifican los parámetros fisiológicos a lo largo del tiempo centrándonos principalmente en 2 de ellos: Volumen y PAM.

7.- Contando con la participación de los alumnos, se buscaron los acontecimientos que acompañan a la hemorragia. ¿Qué sucede? ¿Porque? ¿Cómo sabemos que el paciente se recupera?. Esto nos obligó a manejar en el programa QCP el parámetro tiempo que ha sido imprescindible para averiguar cómo se recupera el paciente.

8.- Definimos los acontecimientos inmediatos que acompañan a la hemorragia. 1) Pérdida de volumen. 2) Disminución de volumen. 3) Disminución de la presión arterial. 4) Disminución del retorno venoso. 5) Reducción del gasto cardiaco.

9.- Se asignó la tarea que los alumnos tuvieron que completar antes de la tercera sesión (tuvieron dos semanas para trabajar en ella).

Segunda Tarea: ¿Cómo detecta el organismo la bajada de PAM que ocurre tras la hemorragia y cuáles son los mecanismos que se ponen en marcha?. Contestar en el foro de STUDIUM antes de la siguiente sesión. La tarea fue evaluada por el profesor.

TERCERA SESIÓN

10.- Los alumnos contestaron en grupo a la tarea de la sesión anterior. Se fomentó la discusión y la máxima participación. Se trató de que los alumnos incorporasen los sistemas nervioso y hormonal a los mecanismos de regulación a corto y medio plazo.

11.- Los tutores fomentaron la búsqueda, en el programa QCP, junto con los alumnos, de la modificación de los parámetros nerviosos y hormonales a lo largo del tiempo.

12.- Con la participación de los alumnos, se organizó en el tiempo la sucesión de acontecimientos que se producen durante la hemorragia (SNS y Hormonas).

13.- Se asignó la tarea que los alumnos debían completar antes de la tercera sesión (tuvieron una semanas para trabajar en ella).

Tercera tarea: ¿Qué papel juega el sistema renal en la recuperación de Rodolfo tras la hemorragia y cuáles son los mecanismos de regulación?. ¿Cómo se normalizan los valores del volumen sanguíneo y cuál es el mecanismo involucrado en el proceso?. Contestar en el foro EAO-SCR de STUDIUM antes de la siguiente sesión. La tarea se evaluó por el profesor.

CUARTA SESIÓN

14.- Los alumnos contestaron en grupo a la tarea de la sesión anterior. Se trató de que los alumnos integrasen los sistemas renal y sanguíneo al proceso de recuperación de la hemorragia.

15.- Con la participación de los alumnos, se dió una visión general de los mecanismos que median la recuperación del volumen tras una hemorragia. Se hizo hincapié en la mediación del SNC y del sistema hormonal a corto y medio plazo y el sistema renal y sanguíneo a largo plazo.

16.- Presentar a los alumnos un nuevo problema: **La fistula**. (Anexo 2)

17.- Discutir con los alumnos el problema de la fistula y profundizar en la reordenación de volúmenes corporales que implica.

18.- Se asignó la tarea que los alumnos tenían que completar antes de la quinta sesión (tuvieron una semanas para trabajar en ella).

Cuarta tarea: Presentar una memoria en la cual queden reflejados los acontecimientos fisiológicos que ocurren tras una hemorragia y una fistula, los mecanismos que se ponen en marcha y las diferencias entre una hemorragia y una fistula. Presentar la memoria en el foro de STUDIUM antes de la siguiente sesión que se evaluó por el profesor..

QUINTA SESIÓN

19.- Contestar en grupo a la tarea de la sesión anterior. Se contó con la participación de los alumnos y se fomentó la discusión y la máxima participación.

20.- Nos esforzamos en que los alumnos comprendan que los procesos fisiológicos no están “dirigidos” por el organismo para “solucionar” un problema, sino que se ponen en marcha en respuesta a un determinado estímulo. Diferenciar entre el “para” y el “porque” en fisiología.

21.- Realizamos una presentación con una visión general de los mecanismos que diferencian una hemorragia de una fistula.

22.- Los alumnos responderán a un cuestionario preparado para evaluar el proceso llevado a cabo durante en curso y a los profesores.

Evaluación

La evaluación se llevó a cabo en dos niveles:

- 1.- Evaluación de la actividad realizada por parte de los alumnos mediante la realización de un cuestionario.
- 2.- Evaluación por parte de los profesores donde se analizan tanto las respuestas de los alumnos al cuestionario así como la obtención de los objetivos propuestos.

Calificación

La calificación se llevó a cabo en varios niveles:

- 1.- Calificación de las tareas que los alumnos depositadas en STUDIUM.
- 2.- Participación en la discusión de los temas propuestos en las sesiones.
- 3.- Calificación de la memoria final.

Evaluación

Como parte del proceso de evaluación, al finalizar el curso se pidió a los alumnos que contestasen un cuestionario anónimo (Anexo III) donde se les pregunta por diversos aspectos de la experiencia, tanto a nivel técnico, dada la incorporación de una herramienta tecnológicamente nueva (QCP), como a nivel enseñanza-aprendizaje, dada la incorporación del ABP.

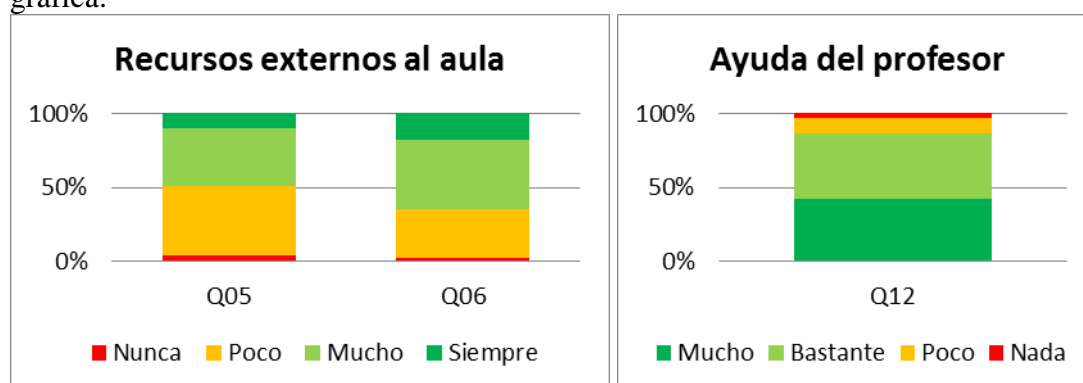
Valoración de los tutores

La valoración personal de los tutores ha sido muy positiva. La carga de trabajo es importante dado el elevado número de alumnos matriculados (298), ya que cada semana corregíamos una tarea de cada uno de los alumnos. La carga de trabajo para los alumnos también ha sido importante y no había problemas si no coincidía con alguna tarea especial de otra asignatura. La percepción de la fisiología integrada cardiovascular, renal y sanguínea por parte de los alumnos ha sido tan positiva que pensamos en ampliar durante el presente curso un nuevo proyecto en el que los alumnos puedan trabajar con el resto de los sistemas: respiratorio, digestivo y endocrino.

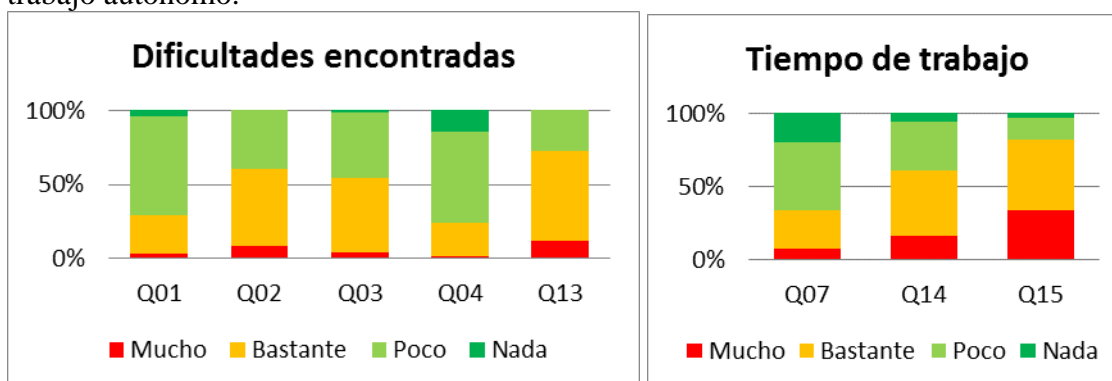
Valoración de los alumnos

La evaluación que los alumnos han realizado de la práctica docente nos ha permitido extraer conclusiones muy valiosas para seguir ajustando la forma en que desarrollamos esta actividad. El cuestionario se encuentra al final de este informe.

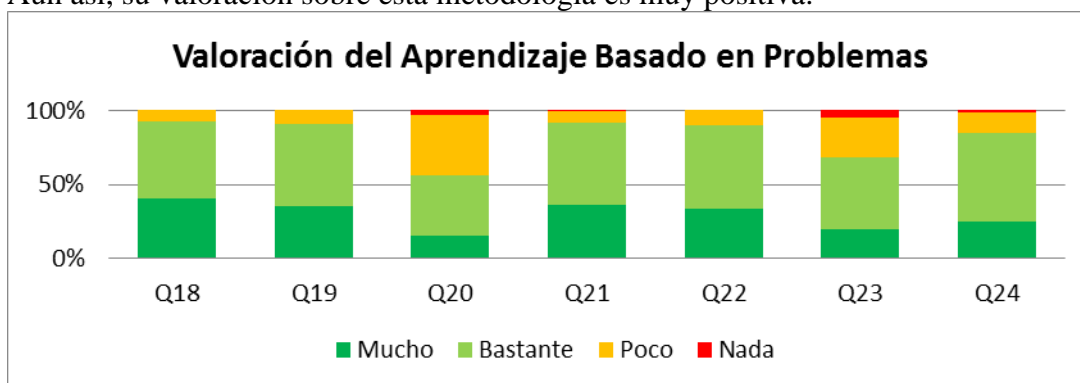
En primer lugar, nuestra metodología ha hecho que los alumnos trabajen con recursos externos a los aportados en las clases teóricas. Además valoraron muy positivamente la ayuda prestada por el profesor para la realización de la práctica, como demuestran las siguientes gráfica:



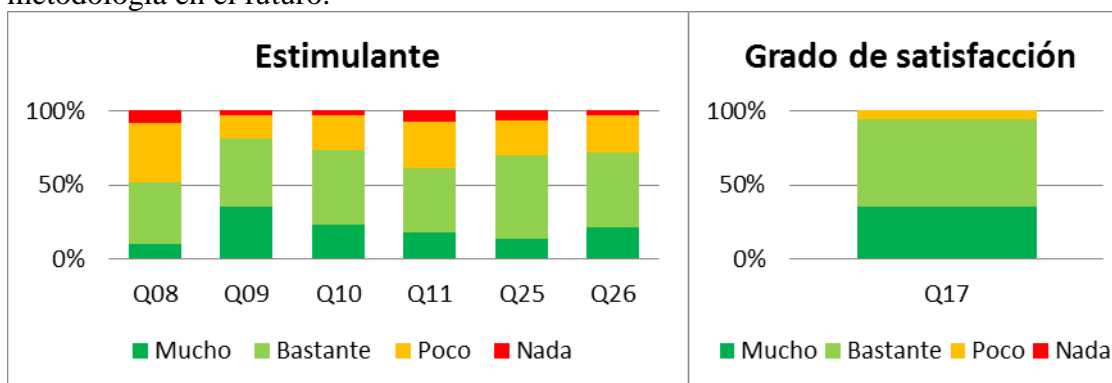
Sin embargo, en algunos momentos tuvieron dificultades para el análisis de algunos parámetros de forma autónoma y consideraron que les había llevado demasiado tiempo ese trabajo autónomo.



Aun así, su valoración sobre esta metodología es muy positiva:



Finalmente, podemos concluir que el desarrollo de parte de la asignatura a través de esta metodología les ha resultado muy estimulante y su grado de satisfacción con el trabajo realizado es muy elevado; conclusiones muy positivas, que nos animan a continuar con esta metodología en el futuro.



Cuestionario

1. ¿Le ha resultado complicado utilizar el programa QCP?
 - a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
2. ¿Cuál ha sido su nivel de dificultad para manejar un gran número de datos?
 - a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco

- d. Nada
3. ¿Cuál ha sido su nivel de dificultad para escoger los datos más relevantes?
 - a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
4. ¿Cuál ha sido su nivel de dificultad para manejar unidades fisiológicas?
 - a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
5. ¿Cuántos libros ha utilizado para responder a las tareas semanales?
 - a. Ninguno
 - b. Uno
 - c. Dos
 - d. Tres o mas
6. ¿Ha utilizado el programa QCP para responder a las tareas semanales?
 - a. Nunca
 - b. Poco
 - c. Mucho
 - d. Siempre
7. ¿La inversión de tiempo en las sesiones de ABP ha representado un inconveniente para usted?
 - a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
8. ¿Ha encontrado estimulantes las tareas semanales?
 - a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
9. ¿Ha encontrado estimulante la discusión en clase?
 - a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
10. ¿Ha encontrado estimulante el trabajo en grupo dentro de la clase?
 - a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
11. ¿Ha encontrado estimulante el trabajo en grupo fuera de la clase?
 - a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
12. ¿La intervención del profesor le ha servido de ayuda?
 - a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
13. ¿Le ha resultado complicado realizar la memoria?

- a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
14. ¿La inversión de tiempo en la realización de la memoria ha representado un inconveniente para usted?
- a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
15. ¿Cuánto tiempo le ha llevado elaborar la memoria?
- a. 4 horas o menos
 - b. Entre 4 y 8 horas
 - c. Entre 8 y 16 horas
 - d. Más de 16 horas
16. Ha elaborado la memoria:
- a. Solo
 - b. Con un compañero
 - c. Con 2 compañeros
 - d. Con más de 2 compañeros
17. ¿Está satisfecho con el trabajo que ha realizado?
- a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
18. ¿Este tipo de aproximación le ha permitido comprender mejor la complejidad de los procesos fisiológicos?
- a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
19. ¿El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) le ha permitido comprender mejor la acción concertada de varios órganos o sistemas?
- a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
20. ¿El ABP le ha permitido conocer mejor las unidades de los parámetros fisiológicos?
- a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
21. ¿El ABP le ha permitido tener una visión integrada del funcionamiento del cuerpo humano?
- a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
22. ¿El ABP ha contribuido a mejorar sus conocimientos fisiológicos?
- a. Mucho
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada

23. ¿El ABP le ha motivado para futuros estudios?
- Mucho
 - Bastante
 - Poco
 - Nada
24. ¿Cuál cree usted que es la utilidad del ABP?
- Mucho
 - Bastante
 - Poco
 - Nada
25. ¿Ha disfrutado con este sistema de aprendizaje?
- Mucho
 - Bastante
 - Poco
 - Nada
26. ¿Ha cambiado su actitud ante el estudio de la fisiología después de la realización de estas prácticas?
- Mucho
 - Bastante
 - Poco
 - Nada

Anexo 1

Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

La a sociedad actual y la incorporación al EEES nos orienta hacia un cambio desde el actual modelo de enseñanza hacia otro más centrado en el papel activo del estudiante en su proceso de aprendizaje. Esto nos ha animado a buscar nuevas estrategias de aprendizaje. Hace más de treinta años se inició en la Facultad de Medicina de la Universidad de McMaster (Canadá), un estilo de enseñanza centrado en el estudiante y que tiene como herramienta metodológica fundamental: el **Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)**. Barrows (1986) define el aprendizaje basado en problemas como “un **método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos**”.

Diversos estudios muestran que el ABP fomenta habilidades muy importantes, tales como el trabajo en grupo, el aprendizaje autónomo, la planificación del tiempo o la capacidad de expresión oral y escrita, y mejora la motivación del alumno, lo que se traduce en un mejor rendimiento académico y una mayor persistencia en el estudio.

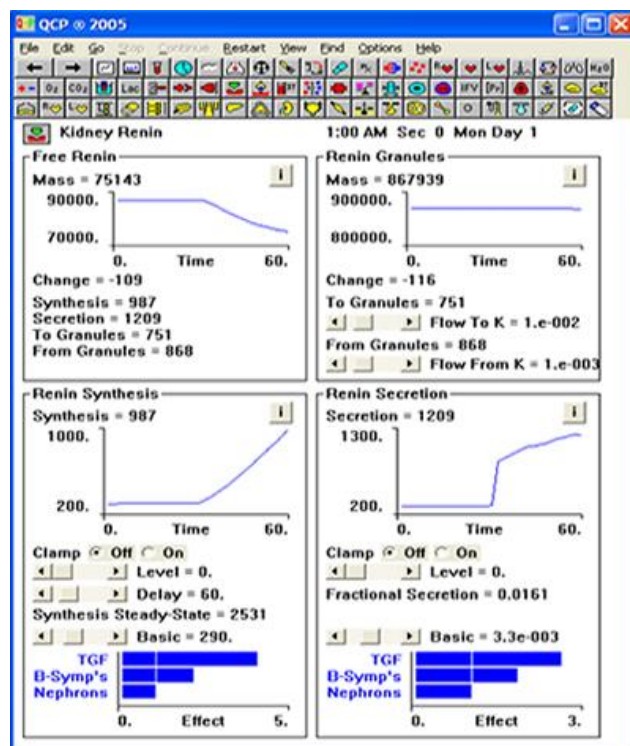
En este modelo de enseñanza se trabaja en pequeños grupos alumnos a los que se les expone un problema clínico, este se discute generando una hipótesis, basada en su experiencia o conocimiento previo. Los estudiantes deben identificar los hechos relevantes, los datos que les aportan pistas acerca de los mecanismos que subyacen a la modificación de un determinado parámetro y los temas específicos relacionados con el problema que deben estudiar para poder resolverlo.

Nuestra experiencia en la utilización del ABP como estrategia de enseñanza en la Facultad de Medicina de la Universidad de Salamanca está siendo muy positiva. (Rodríguez-Barbero y López-Novoa 1999; 2009).

Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO)

En el presente proyecto hemos utilizamos un modelo de simulación por ordenador, el QCP (Quantitative Circulatory Physiology), este es un modelo matemático de fisiología humana integrada desarrollado por Thomas Coleman en la Escuela de Medicina de la Universidad de Mississippi, y disponible en internet de forma gratuita (<http://physiology.umc.edu/themodelingworkshop>). El programa se pone a disposición de los alumnos a través de STUDIUM. Además se les adjunta una guía de utilización y un artículo de los autores que lo han desarrollado con el objetivo de que los estudiantes tengan toda la información necesaria para que puedan seguir utilizando el programa de forma autónoma.

El simulador QCP permite modificar, de forma integrada 4,000 variables fisiológicas, proporcionando así un ambiente de enseñanza-aprendizaje que mimetiza los problemas clínicos que se encuentran en la práctica de la medicina. La estructura de este modelo se basa en las respuestas fisiológicas publicadas en la literatura y sirve como un compendio dinámico de conocimiento fisiológico. Este programa utiliza soporte Windows y permite obtener respuestas biológicas a lo largo del tiempo y modificar unos 750 parámetros fisiológicos. Este es un modelo muy interesante para comprender los mecanismos de las funciones fisiológicas y las interacciones entre distintas variables que no son intuitivamente evidentes. Este modelo puede ayudar a presentar la fisiología humana desde un punto de vista integrado, algo que es difícil conseguir con las clases teóricas y prácticas habituales.



Plataforma de comunicación STUDIUM

La plataforma virtual es un complemento a la tarea docente empleado en multitud de centros de enseñanza de todo el mundo. La plataforma virtual que utilizamos con nuestros alumnos es "MOODLE". Se trata de un acrónimo de: *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* (**Entorno de Aprendizaje Dinámico Orientado a Objetos y Modular**). Moodle fue creado por Martin Dougiamas en Curtin University, Australia.

Moodle es flexible y permite una amplia gama de modos de enseñanza. La instalación es sencilla. Esta plataforma puede manejar muchos de los formatos empleados habitualmente en los recursos educativos, como PDF, y PowerPoint. Y además ofrece una serie de actividades para los cursos: foros, diarios, cuestionarios, materiales, consultas, encuestas y tareas.

Los profesores pueden editar los contenidos y estructura del curso en todo momento, así como gestionar un sistema de avisos y agenda con acontecimientos y convocatorias. Los ejercicios y actividades pueden ser calificados, puesto que cada alumno, con su nombre de usuario y su contraseña, puede subir su ejercicio en el plazo que haya establecido el profesor. Varios profesores pueden estar trabajando en los contenidos del mismo curso y pueden incluso debatir a distancia mediante foros específicos.

Tutorías: grupales e individuales en clase y a través de STUDIUM

Constituyen, junto con los seminarios, un tiempo de discusión para contraponerlos a la lección magistral. La reunión entre el tutor y alumnos tiene lugar de forma que posibilita la conversación individual y la discusión. Hay, por otra parte, una mayor informalidad que en el seminario. El grupo de alumnos será más reducido y se reconoce una mayor importancia a la responsabilidad del alumno.

Así, dirigida al ámbito académico, el contacto personal con el alumno permite al profesor desarrollar sus capacidades e intereses específicos, motivarles hacia la asignatura y, quizá lo más importante, individualizar la enseñanza y ajustarla a las características personales de cada estudiante. A través de la tutoría el docente puede conocer los rasgos académicos de cada individuo (interés, actitud, aspiraciones, dificultades y estilo de aprendizaje), informarle sobre acciones concretas para mejorar su rendimiento escolar y ayudarlo en la toma de decisiones. El alumno, por su parte, puede conocer sus capacidades y destrezas, tomar conciencia de sus dificultades en el aprendizaje, seleccionar de forma más adecuada los contenidos de estudio y las técnicas de trabajo que le permitan mejorar su rendimiento y aumentar su satisfacción ante el trabajo intelectual. La tutoría contribuye, pues, a capacitar al alumno para el trabajo autónomo. Ha de ser concebida, en definitiva, como un proceso de orientación bidireccional, a través del que, no sólo el alumno, sino también el profesor, pueden recibir la información necesaria para reorientar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Anexo 2

FISTULA ARTERIOVENOSA

El término **fístula arteriovenosa** se utiliza en medicina para designar una conexión anormal entre una arteria y una vena. Puede ser congénita si está presente desde el momento del nacimiento, quirúrgica cuando la crea de forma intencionada el cirujano, traumática cuando es la consecuencia de un traumatismo o herida penetrante que rompe simultáneamente la pared de una arteria y una vena próximas. Puede ocurrir en cualquier parte del organismo, si bien el lugar más frecuentes son las extremidades.

En circunstancias normales la sangre circula desde las arterias a los capilares y retorna al corazón a través de las venas. Cuando existe una fístula arteriovenosa, parte del flujo sanguíneo

pasa directamente de la arteria a la vena sin alcanzar la circulación capilar, por lo cual la oxigenación de los tejidos afectados puede ser deficiente, sobre todo si el volumen de sangre desviada es importante y no existen otras ramas colaterales que la compensen.

Caso Clínico

Mujer de 67 años, obesa, diagnosticada de arteriosclerosis periférica, y que ha sufrido un infarto agudo de miocardio hace 6 meses. Las pruebas funcionales cardiacas permiten diagnosticar la obstrucción parcial de una arteria coronaria. Ingresa en el hospital para que le sea realizado un cateterismo con el fin de desobstruir la arteria coronaria afectada. Durante la introducción del catéter en condiciones de monitorización cardiovascular, se observa dificultad en el avance del mismo que aconseja una retirada. Inmediatamente después de la retirada, la paciente se queja de fuertes palpitaciones y en la monitorización se observa un aumento brusco de la presión venosa central, y del gasto cardiaco, con disminución de la presión arterial. Se diagnostica la formación de fístula arteriovenosa por atravesar el catéter la pared de la arteria y penetrar en la vena.