

## FLIPPED CLASSROOM EN EL LABORATORIO: APRENDIENDO A HACER CIENCIA

**Sánchez Moral, Ana María; Romero Lorca, Alicia; Rodríguez-Martín, Iván**

Departamento de Ciencias Biomédicas Básicas  
Facultad de Ciencias Biomédicas  
Universidad Europea de Madrid  
c/ Tajo, s/n, 28670 Villaviciosa de Odón, Madrid

e-mails: amaria.sanchez@uem.es, alicia.romero@uem.es, ivan.rodriguez@uem.es

**Resumen.** *En la clase inversa el profesor proporciona al alumno (on-line) los materiales necesarios que deberán estudiar fuera de clase y dedica el tiempo designado en el aula a ser tutor, orientador y guía del aprendizaje y puede dedicar una atención personalizada a cada alumno. Nuestra hipótesis se basó en que la modificación de nuestras clases prácticas de la asignatura de Bioquímica I, “volteándolas” para que el alumno tome la iniciativa antes y durante el desarrollo de los experimentos en el laboratorio redundaría en un mayor y más significativo aprendizaje en comparación con los métodos tradicionales. Como conclusiones destacamos que el hecho de tener que preparar determinadas tareas previas a la clase práctica aumenta la cantidad de alumnos que tienen conocimientos sobre la misma y reduce el tiempo de realización. Al tener que diseñar sus propios experimentos y decidir qué material usan, el estudiante aumenta sus conocimientos sobre el trabajo de investigación, el material y los métodos de trabajo de los laboratorios. Además se reduce la probabilidad de copias de ejercicios aunque, por otra parte, la complejidad de los ejercicios que entregan al profesor dificulta la tarea de corrección.*

**Palabras clave:** “Flipped classroom”, bioquímica, laboratorio, prácticas, aprendizaje autónomo

### 1. INTRODUCCIÓN

Durante las dos última décadas se ha constatado la eficacia de las metodologías activas en la adquisición de habilidades y competencias para la resolución de problemas, el razonamiento crítico, la planificación y organización del trabajo y, en definitiva, para desarrollar la capacidad de aprendizaje autónomo (Allen & Tanner, 2003; Fernández, 2006; Chamany, Allen, & Tanner, 2008; Wood, 2009; Coil, Wenderoth, Cunningham & Dirks, 2010; Allen, 2011).

Desde el punto de vista del papel que deben jugar las clases prácticas de laboratorio del primer año de carrera sobre el desarrollo de los futuros médicos y científicos se está produciendo un movimiento que trata de abandonar la manera tradicional en la que al estudiante se le da todo hecho en clases prácticas basadas en resultados totalmente predecibles (Adams, 2009). Así, la tendencia apuntaría a la posibilidad, cuando fuera posible de proporcionar a nuestros estudiantes un reto en su forma de aprender en el laboratorio mediante el planteamiento de cuestiones basándose en el método científico (Handelsman et al., 2004; Wood, 2008). La idea partiría de la observación de un fenómeno por parte de los estudiantes, y a través de la utilización de una serie de preguntas llegar al planteamiento de una hipótesis de trabajo. Los estudiantes deberían

diseñar y llevar a cabo la estrategia experimental, procesar y analizar los resultados y llegar a conclusiones sobre la validez de la hipótesis planteada; decidir si se necesitan más experimentos para responder a las preguntas inicialmente planteadas o si incluso nuevos interrogantes se van abriendo durante el transcurso de la investigación (Windschitl et al., 2008).

En este contexto, en los últimos años hemos implementado diversas metodologías activas en nuestra práctica docente (González Soltero et al, 2012, Rodríguez-Martín et al, 2013a) y los resultados indican que las actividades que suponen realización de tareas e implicación activa del estudiante, dan lugar a un mejor rendimiento académico (Rodríguez-Martín, et al, 2013b).

Teniendo en cuenta las necesidades detectadas por profesores y alumnos (Collis et al., 2007, 2008) en cuanto al uso de las metodologías activas también en el laboratorio junto con el hecho de que los estudiantes son cada vez más pasivos en el aula y demandan una nueva forma de enseñanza, nos propusimos la aplicación de la clase inversa o “flipped classroom”, una de las metodologías activas más innovadoras actualmente, para situar al estudiante en el centro y como absoluto y verdadero protagonista de su aprendizaje, precisamente en el sitio donde más activo debiera estar, es decir, “practicando” (CMAJ, 2012).

En la clase inversa el profesor proporciona al alumno (on-line) los materiales necesarios que deberán estudiar fuera de clase y dedica el tiempo designado en el aula para discutir, hacer ejercicios, resolver dudas, etc. En otras palabras, la teoría se estudia en casa y los deberes se hacen en el aula. De esta manera el profesor se convierte en tutor, orientador y guía del aprendizaje y puede dedicar una atención personalizada a cada alumno (García Irlles et al, (2013).

Nuestra hipótesis se basó en que la modificación de nuestras clases prácticas de la asignatura de Bioquímica I “volteándolas” para que el alumno tome la iniciativa antes y durante el desarrollo de los experimentos en el laboratorio redundaría en un mayor y más significativo aprendizaje en comparación con los métodos tradicionales.

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

El proceso para modificar las prácticas de la asignatura de Bioquímica I se centró en dos aspectos fundamentales: modificación de los guiones de prácticas y reorganización del material en los laboratorios docentes.

### 1.- Modificación de los guiones de prácticas.-

Se modificaron los guiones de prácticas utilizados en cursos anteriores, con el objetivo de aumentar la participación del alumno en el planteamiento y desarrollo de la actividad docente.

Partíamos de unos guiones en los que se describe paso a paso el procedimiento que debían realizar los alumnos, semejante a una receta de cocina, dejando poco espacio a la iniciativa y toma de decisiones por parte del alumno. Ejemplo de una práctica con este formato:

PRÁCTICA DE LABORATORIO 3:  
**IDENTIFICACIÓN DE GLÚCIDOS**

En esta práctica se utilizarán diferentes métodos de reconocimiento de hidratos de carbono, basados en las propiedades físico-químicas de los moléculas que los constituyen, para la identificación de los glúcidos presentes en diferentes soluciones, utilizando un procedimiento analítico.

**ELIMINACIÓN DE RESIDUOS:** Los residuos generados en esta práctica deben ser recogidos en el bidón de residuos acuosos.

**DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

**Objetivos:**

1. Repasar los conocimientos adquiridos sobre la estructura y función de los hidratos de carbono.
2. Comprobar experimentalmente las propiedades de diferentes carbohidratos.
3. Repasar el concepto de enlace glucosídico y comprobar experimentalmente su hidrólisis.
4. Fomentar la capacidad de trabajo en equipo.

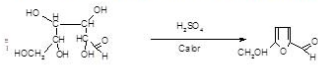
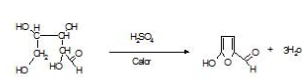
**Método**

Reactivos de:

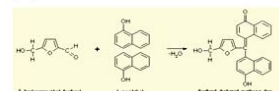
- Cuatro soluciones patrón (preparadas en la práctica 1), de composición y concentración conocidas:
  - ✓ Glucosa 10 g/L
  - ✓ Sacarosa 10 g/L
  - ✓ Lactosa 10 g/L
  - ✓ Almidón 25 g/L
- Dos soluciones problema (P1 y P2) cuya composición hay que averiguar, sabiendo que P2 contiene una mezcla de dos azúcares.

**1.- Prueba de Molisch**

Esta reacción sirve para el reconocimiento de **todo tipo de azúcares**. El ácido sulfúrico concentrado hidroliza enlaces glucosídicos y origina una deshidratación posterior de los monosacáridos, obteniéndose como resultado final de la hidrólisis compuestos denominados furfurales, por ser derivados aldehídicos del furano.

Los **furfurales** formados por deshidratación de los monosacáridos se condensan con los fenoles suministrados por el **α-naftol**, originando complejos de un color púrpura o violeta característico de la reacción.



**Reactivos:**


- Soluciones patrón
- Soluciones problema
- Ácido sulfúrico concentrado
- Solución de α-naftol (2% en etanol al 95%)

**Procedimiento:**

**Precaución:** el ácido sulfúrico concentrado puede causar quemaduras graves en la piel. Hay que manejarlo con mucho cuidado.

La reacción se llevará a cabo con las 2 soluciones problema (P1 y P2), 1 de las 4 disoluciones patrón (Glucosa, Sacarosa, Lactosa, Almidón) como control positivo y agua destilada (blanco) como control negativo.

1. Pipetear 2 ml de cada una de las soluciones en un tubo de ensayo (utilizaremos una pipeta para cada disolución).
2. Añadir 2 gotas de la solución de α-naftol y mezclar bien mediante agitación.
3. Agregar dejando resillar por las paredes del tubo 1 ml de ácido sulfúrico concentrado con mucho cuidado, procurando que no se mezcle para que forme una capa bajo la disolución de azúcar.
4. Observar cuidadosamente cualquier cambio de color en la **interfase** de los 2

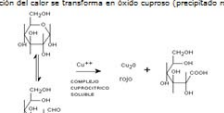


Bioquímica I

líquidos, en la separación de ambas capas se producirá la deshidratación del azúcar y su reacción con α-naftol. La aparición de color violeta indica que la reacción es positiva.

**2.- Reacción de Benedict.**

Esta prueba se utiliza para el reconocimiento de **azúcares reductores**. Cuando se calienta un azúcar reductor en presencia de un reactivo de cobre alcalino, como el reactivo de **Benedict**, el azúcar se oxida y reduce los iones cúpricos a cuprosos, combinándose éstos con iones hidróxido para formar hidróxido cuproso (amarillo), que por acción del calor se transforma en óxido cuproso (precipitado rojo).



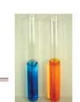
**Reactivos:**

- Reactivo de Benedict:
  - o Sulfato de cobre cristalizado (1,73 % en agua destilada)
  - o Citrato sódico (17,3% en agua destilada)
  - o Carbonato sódico (10% en agua destilada)
- Soluciones patrón
- Soluciones problema

**Procedimiento:**

La reacción se llevará a cabo con las 2 soluciones problema (P1 y P2), 1 de las disoluciones patrón que **tiene azúcar reductor** como control positivo, y disolución patrón con almidón y agua destilada (blanco) como control negativo. En total, 5 tubos.

1. Pipetear 2 ml de cada una de las soluciones en un tubo de ensayo.
2. Añadir 2 ml del reactivo de Benedict.
3. Calentar en un baño a 100°C durante 5 minutos.
4. Transcurrido el tiempo de incubación, retirar los tubos del baño y observar los resultados. Si la reacción es positiva aparece un precipitado rojo.

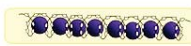


Bioquímica I

aunque si la cantidad de azúcar es pequeña puede dar color anaranjado o verdoso.

**3.- Prueba del Lugol**

Esta prueba sirve para el reconocimiento de polisacáridos. El yodo forma complejos coloreados con la mayoría de los polisacáridos. La coloración producida por el lugol se debe a que el yodo es introducido entre las espiras de la molécula de almidón. No es por tanto una verdadera reacción química, sino que se forma un compuesto de inclusión que modifica las propiedades físicas de esta molécula. La reacción con el almidón proporciona un color azul-violeta; y con el glucógeno, rojo.




**Reactivos:**

- Solución de lugol (solución yodo-iodada):
  - o Yodo yodato 2 g
  - o Yodo 1 g
  - o Agua destilada 300 ml
- Soluciones patrón
- Soluciones problema

**Procedimiento:**

La reacción se llevará a cabo con las soluciones problema, 1 de las disoluciones patrón que es un polisacárido como control positivo y agua destilada (blanco) como control negativo.

1. Pipetear 2 ml de cada una de las soluciones en un tubo de ensayo.
2. Añadir 3 gotas de lugol.
3. Agitar y observar los resultados.



**4.- Hidrólisis de hidratos de carbono**

**Reactivos:**

- HCl 5 N
- NaOH 20%
- Solución de Benedict

Bioquímica I

Página 5

Con los nuevos protocolos se guía a los alumnos para que ellos mismos busquen la información que van a necesitar para realizar la práctica y que diseñen el procedimiento a seguir. Por tanto, los alumnos deben realizar un trabajo previo que deben entregar al profesor antes del inicio de la práctica en el laboratorio. Siguiendo como ejemplo la misma práctica:

- Buscar las bases bioquímicas de los test que se van a utilizar: ¿Para qué se utilizan? ¿Cómo lo hacen?
- Con los conocimientos adquiridos en clase prever que resultado se obtendría en cada test para unos determinados azúcares
- Determinar qué soluciones patrón utilizar como control positivo y negativo en cada prueba
- Realizar el plan de trabajo a seguir en el laboratorio

- PRACTICA DE LABORATORIO 3 -

**IDENTIFICACIÓN DE HIDRATOS DE CARBONO**  
Hoja de trabajo previo (Entregar al profesor al inicio de la práctica)

Alumno: ..... Firma: .....

Grupo: .....

**VALIDACIÓN**  
Se debe validar en primer lugar la forma individual de las fórmulas que se entregará un único documento por alumno.

1.- Completa la siguiente tabla:

TEST	¿Para qué sirve?	¿Cómo lo hace?
MOUSCH		
BENEDICT		
LUGOL		

Página 3

2.- Señala si los distintos azúcares darían positivo o negativo en los ensayos:

TEST	GLUCOSA	LACTOSA	SACAROSA	ALMIDÓN
MOUSCH				
BENEDICT				
LUGOL				
HIDRATOS DE C.E.C.				

3.- ¿Cuál de las 4 soluciones patrón utilizarías como control positivo y como control negativo en cada una de las pruebas? ¿Por qué?

TEST	CONTROL POSITIVO	¿Por qué?	CONTROL NEGATIVO	¿Por qué?
MOUSCH				
BENEDICT				
LUGOL				

4.- Realiza un plan de trabajo para cuando llegues al laboratorio.

TEST	Disoluciones a las que hay que realizar el test	Con ello podrá saber.....
MOUSCH		
BENEDICT		
LUGOL		

Página 4

Los alumnos deben entregar esta parte del trabajo antes de iniciar la práctica y es imprescindible su entrega para poder continuar con la actividad.

Ya en el laboratorio, cada alumno realiza la parte práctica en su puesto de trabajo siguiendo el procedimiento que él mismo ha desarrollado previamente y que ha sido revisado por el profesor. Los resultados obtenidos en cada experimento debe registrarlos y discutirlos utilizando una hoja de resultados aportada por el profesor.

PRÁCTICA DE LABORATORIO 3-

**IDENTIFICACIÓN DE HIDRATOS DE CARBONO**

HOJA DE RESULTADOS (Entregar al profesor al finalizar la práctica)

Componentes del grupo de trabajo:

Alumno: ..... Firma: .....

Alumno: ..... Firma: .....

**EVALUACIÓN**  
La evaluación se llevará a cabo por trabajos de las formas que se entregará un único documento por grupo en los resultados a través de respuestas correspondientes por ambos miembros de la pareja y firmado por los dos.

5.- Anota a continuación los resultados obtenidos en la prueba de Molisch para cada disolución y explícalos.

	MOLISCH Positivo / Negativo	DISCUSIÓN
P1		
P2		I
..... (control positivo)		
..... (control negativo)		

Página 6

6.- Anota a continuación los resultados obtenidos en la prueba de Benedict para cada disolución y explícalos.

	BENEDICT Positivo / Negativo	DISCUSIÓN
P1		
P2		I
..... (control positivo)		
..... (control negativo)		

7.- Anota a continuación los resultados obtenidos en la prueba de Lugol para cada disolución y explícalos.

	LUGOL Positivo / Negativo	DISCUSIÓN
P1		
P2		
..... (control positivo)		
..... (control negativo)		

Página 7

En las últimas prácticas de laboratorio realizadas en la asignatura se les pidió a los alumnos que diseñasen, de forma esquemática y en base a los conocimientos adquiridos durante el curso, un experimento alternativo al propuesto por los profesores con el que se pudiese obtener los mismos objetivos marcados en la práctica original.

- PRÁCTICA DE LABORATORIO -

**AMILASA SALIVAL**

HOJA DE RESULTADOS DE TRABAJO PREVIO  
(Entregar al profesor al entrar en el laboratorio)

Alumno: ..... Firma: .....

Grupo: .....

Fecha: .....

**EVALUACIÓN**

1.- (1 punto) Los alcalófilos son microorganismos que pueden vivir en entornos alcalinos (pH > 7). Se han encontrado algunas especies del género *Bacillus* alcalófilas con actividad amilasa. Considera que se sustituye la saliva por una almidón de un cultivo de este tipo de bacterias al experimento realizado en el apartado 2. Asumiendo que las bacterias crecen por igual en todos los tubos, elige la respuesta correcta:

- En mi experimento obtendría un ensayo de lugol positivo en el tubo 2
- En mi experimento obtendría un ensayo de lugol positivo en el tubo 1
- En mi experimento obtendría un ensayo de lugol positivo en el tubo 1
- Las respuestas a) y c) son ciertas.

2.- (5 puntos). Diseña un experimento de laboratorio en el que se estudie un enzima diferente al que trabajamos en esta práctica y se analice su actividad en función de las condiciones existentes (como la presencia de agentes desnaturalizantes diferentes a los expuestos en esta práctica). Describe esquemáticamente esa posible práctica, desde el modo de obtener el enzima, su sustrato (o sustratos), la reacción catalizada, el protocolo y el modo de obtener la velocidad de la reacción.

Bioquímica I      Página 5

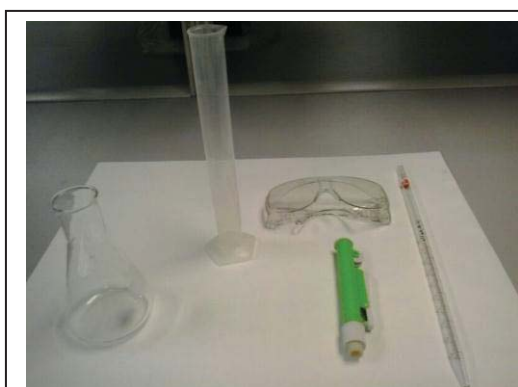
## 2.- Reorganización del material en los laboratorios docentes.-

Fue necesario llevar a cabo una reorganización del material del laboratorio donde los alumnos realizan las prácticas de esta asignatura, con el objetivo de que sea el propio alumno el que decida qué material es el más adecuado para realizar cada experimento.

Se preparó una primera actividad en el laboratorio con los alumnos la primera semana del curso, denominada práctica 0, en la que a cada alumno se le asignó un puesto de trabajo y se le presentó como es el trabajo en un laboratorio de bioquímica:

- Normas generales de uso del laboratorio
- Riesgos, prevención y corrección.
- Gestión de residuos
- Descripción del material

En cursos anteriores el profesor preparaba antes de cada práctica el laboratorio, de tal manera que el alumno encontraba en su puesto de trabajo el material que debía utilizar, sin dejarle opción a realizar su propia elección. En este curso se montó una taquilla en cada puesto de trabajo con material genérico para el desarrollo de todas las prácticas que se desarrollan en este espacio. El alumno no encuentra nada en su mesa, debe de decidir de todo el material de su taquilla cuál es el más adecuado en cada caso. El alumno al acabar las prácticas debe limpiar y volver a colocar en la taquilla el material utilizado, dejando el puesto de trabajo igual que se lo encontró.



*Preparación del material de prácticas en cursos anteriores*



*Preparación de taquillas en cada puesto de trabajo en curso actual*

### 3. RESULTADOS

En relación a años anteriores, este curso los alumnos han tenido que trabajar necesariamente las prácticas antes de asistir al laboratorio, puesto que la entrega del trabajo previo era obligatoria antes de entrar en la práctica. Los resultados contrastables de esta modalidad de clase práctica se reflejan en la Tabla 1.

En años anteriores, muchos alumnos asistían a la práctica sin haberse leído el guion, lo que se constataba al preguntarles sobre el objetivo de la práctica o sobre conceptos básicos necesarios para su realización. Por el contrario, este curso casi todos los alumnos tenían una idea previa sobre la práctica mucho más ajustada a la realidad o al menos conocían el objetivo de la práctica. Este resultado se extiende incluso a alumnos que no sienten interés por las prácticas, puesto que se les obliga a su preparación previa y no pueden limitarse a escuchar en el laboratorio lo que deben hacer y/o copiar los resultados de otro compañero. Por ello se obtuvo una considerable reducción en el número de trabajos idénticos, probablemente producidos por copiar, del 10% al 1% aproximadamente. Este resultado también es debido al hecho de que en varias prácticas ellos tenían que diseñar su propio experimento, con lo que no eran idénticos a los de



otros compañeros, sino personalizados, y difícilmente podían copiar los resultados. Por otra parte, a los que no se preparaban previamente el trabajo de laboratorio no se les permitía entrar al laboratorio y su acción era calificada con un cero.

Al haber preparado previamente parte del trabajo, la realización de la práctica en el laboratorio se aceleró considerablemente. Prácticas que en cursos anteriores duraban algo más de dos horas este curso se resolvieron habitualmente en hora y media.

ÍTEM	CURSOS ANTERIORES	CURSO 2013-14
Alumnos con conocimientos previos	50%	80-90%
Tiempo de realización de la práctica	2 h	1,5 h
Trabajos idénticos	10%	1%

Tabla 1: Ítems modificados este curso con respecto a cursos anteriores

Por otra parte, los profesores detectamos un mejor aprendizaje en la utilización del material de laboratorio, puesto no se les indicaba en el guion cuál debían usar del conjunto del material del que disponen y eran ellos los que debían deducirlo. Por ejemplo, con respecto a los instrumentos de medida de volúmenes apreciamos un mejor conocimiento una vez realizadas dos o tres prácticas con respecto a otros años en los que el guion les indicaba exactamente qué debían usar.

En el caso en que les pedimos diseñar una práctica parecida a la preparada por los profesores, observamos un mejor conocimiento del diseño experimental, lo que implica un acercamiento a la investigación científica y al trabajo previo de laboratorio en el mundo profesional.

Adicionalmente, el hecho de tener una serie de preguntas sobre la práctica nos ha facilitado a los profesores la labor de recuperación a los alumnos con las prácticas suspensas, puesto que esta recuperación puede consistir en la realización de esas tareas.

Como inconveniente, y dada la gran cantidad de alumnos que se matriculan en primero del Grado de Medicina, hay que hacer notar la mayor dificultad y tiempo de corrección de los ejercicios, puesto que tienen más cantidad de preguntas y ejercicios complejos.

#### 4 CONCLUSIONES

El hecho de tener que preparar determinadas tareas previas a la clase práctica aumenta la cantidad de alumnos que tienen conocimientos sobre la misma y reduce en tiempo de realización.

Al tener que diseñar sus propios experimentos y decidir qué material usan, aumenta sus conocimientos sobre el trabajo de investigación, el material y los métodos de trabajo de los laboratorios. Además reduce la probabilidad de copias de ejercicios.

La complejidad de los ejercicios que entregan al profesor dificulta la tarea de corrección.

## **5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Adams, DJ (2009) Current Trends in Laboratory Class Teaching in University Bioscience Programmes. *Biosciences Education*, 13.

Allen, D. & Tanner, K. (2003). Approaches to Cell Biology teaching: learning content in context-problem-based learning. *Cell Biology Education*, 2, pp. 73-81.

Allen, D. (2011). Current insights: Recent research in science teaching and learning. *CBE Life Sciences Education*, 10, pp. 132-134.

Chamany K., Allen, D. & Tanner, K. (2008). Making biology learning relevant to students: integrating people, history, and context into college biology teaching. *CBE Life Sciences Education*, 3, pp. 267–278.

CMAJ (2012), Educators propose “flipping” medical training, *CMAJ*, September 4, 2012, 184(12).

Coil, D., Wenderoth, M.P., Cunningham, M. & Dirks, C. (2010). Teaching the process of science: faculty perceptions and an effective methodology. *CBE Life Sciences Education*, 9, pp. 524-535.

Fernández, A. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio siglo XXI*, 24, 35-56.

García Irlés et al, (2013) La enseñanza de la Histología a través de metodologías activas, XI Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria 4 y 5 de julio de 2013.

González Soltero, Rocío; Rodríguez-Martín, Iván; Romero Lorca, Alicia; Sánchez Moral, Ana María (2012) “MIRANDO AL FUTURO: CONEXIÓN DIRECTA CON LA INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA”. Abstract/poster. IX Jornadas de Innovación Universitaria. 12 y 13 de Julio de 2012. Universidad Europea de Madrid.

Handelsman, J., Ebert-May, D., Beichner, R., Bruns, P., Chang, A., DeHaan, R., Gentile, J., Lauffer, S., Stewart, J., Tilghman, S.M. and Wood, W.B. (2004) Scientific teaching. *Science* 304, 521–522.

Rodríguez-Martín, Iván; Romero Lorca, Alicia; Lesmes Celorrio, Marta; Sánchez Moral, Ana María (2013b) “PARTICIPANDO EN LA INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA Y LA LITERATURA CIENTÍFICA”. Oral Communication. X Jornadas de Innovación Universitaria. Julio de 2013. Universidad Europea de Madrid.

Rodríguez-Martín, Iván; Romero Lorca, Alicia; Sánchez Moral, Ana María (2013a) “DIVULGACIÓN Y FOMENTO DE LA DOCENCIA EN BIOQUÍMICA EN UNA EMISORA DE RADIO: UNA HERRAMIENTA MOTIVADORA PARA NUESTROS ESTUDIANTES”. Abstract/poster. X Jornadas de Innovación Universitaria. Julio de 2013. Universidad Europea de Madrid.

Windschitl, M., Thompson, J. and Braaten, M. (2008) Beyond the scientific method: model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education* 92, 941–967.

Wood, E.J. (2008) Laboratory practical work. *Bioscience Education* 11-0, available at [www.bioscience.heacademy.ac.uk/journal/vol11/beej-11-0.aspx](http://www.bioscience.heacademy.ac.uk/journal/vol11/beej-11-0.aspx) (accessed 7 January 2009).

Wood, W.B. (2009). Innovations in teaching undergraduate biology and why we need them. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 25, pp. 93-112.