

Diseño de un video tutorial para la mejora del aprendizaje de conceptos y procedimientos difíciles en el Área de Química Analítica

P. Parrilla Vázquez*, M.D. Gil García, M. Martínez Galera y M.J. Martínez Bueno

Departamento de Química y Física, Área de Química Analítica, Facultad de Ciencias Experimentales, La Cañada 04120, Universidad de Almería, e-mail: parrilla@ual.es

Abstract

The study presented here examines the incorporation of a video tutorial as a supplement to learning in an advanced Instrumental Analytical Chemistry course. The video tutorial was based on “matrix effect” problem and it was designed by the instructor using audio narration from Powerpoint in the “screencast” mode. It was uploaded to the courses Web site portal (Blackboard Learn) at the University of Almería. The video has been shown to serve as a suitable learning that prepares students for laboratory more effectively, with an average of 70% more students answering questions correctly after watching the video than after receiving only teaching assistant instruction.

Keywords: Analytical Chemistry, Matrix Effect, Screencast video

Resumen

El estudio que se presenta examina la incorporación de un video tutorial como un suplemento para el aprendizaje en un curso avanzado de Química Analítica Instrumental. El video tutorial se basó en el problema del “efecto matriz” y fue diseñado por el profesor utilizando narración de audio a partir de Powerpoint en la modalidad de “screencast”. También fue incorporado en la página Web de las asignaturas (Blackboard Learn) en la Universidad de Almería. El video demostró ser adecuado para preparar a los estudiantes de laboratorio más efectivamente, con un 70% más de estudiantes que respondieron correctamente las cuestiones después de la visualización del video, en comparación a cuando solamente recibieron la explicación del profesor en clase.

Palabras clave: Química Analítica, Efecto Matriz, video Screencast

1. Introducción

En los últimos años, con las prestaciones ofrecidas por las nuevas tecnologías, están apareciendo los videos tutoriales, que son sistemas instructivos de autoaprendizaje que muestran al alumno el desarrollo de algún procedimiento o los pasos para realizar una determinada actividad (He, 2012 y Jordan, 2016). Un video tutorial se caracteriza por su facilidad a la hora de explicar conceptos o procesos complejos de manera visual y clara (Arasasingham, 2011 y Bloom, 1984).

Nuestra experiencia docente nos permite afirmar que los estudiantes, en numerosas ocasiones, presentan dificultades para comprender y relacionar determinados conceptos de Química Analítica que les permitan adquirir las competencias necesarias en las diferentes materias. Este hecho se hace más patente en la actual situación en la que, debido al diseño de los planes de estudio de Grado, las asignaturas de prácticas de Análisis Instrumental se imparten después que las teóricas, en el curso siguiente, existiendo un único instrumento por técnica, lo que impide que todos los alumnos puedan manejarlo durante las prácticas de laboratorio o, simplemente, situarse lo suficientemente cerca de él.

Actualmente, los estudiantes consiguen información a través de dispositivos electrónicos tales como ordenadores, smartphones y tabletas. Sin embargo, los mejores video tutoriales que suplementen la información recibida en las clases presenciales no siempre están disponibles para todos los usuarios, no se adaptan a la programación o competencias asignadas, o no están diseñados por profesionales con suficiente experiencia docente para facilitar el aprendizaje del estudiante.

En este trabajo se propone el diseño de un video tutorial útil para algunas materias que se imparten en el área de Química Analítica, independientemente de la asignatura y titulación. No se pretende la

sustitución de estos contenidos por los incluidos en las clases presenciales, sino que el objetivo es que sea un modo de usar la tecnología para suplementar aquellos conceptos, técnicas y procedimientos difíciles de entender y que se describen en las clases presenciales. Por ello, el tema seleccionado se ha diseñado con este único objetivo específico y no para presentar a los estudiantes una ampliación a la programación de las asignaturas.

El material docente elaborado se ha incorporado en la plataforma Blackboard Learn de la Universidad de Almería (UAL) y se han establecido los procesos de evaluación para comparar los rendimientos y el grado de adquisición de competencias con aquellos adquiridos con la explicación tradicional en clase presencial y la lectura de libros de texto habituales.

2. Objetivos

El objetivo del presente trabajo consiste en la elaboración de un video tutorial sobre el problema analítico del “efecto matriz”, exponiendo los aspectos relacionados con este problema, así como las distintas alternativas y procedimientos para solucionarlo. El aprendizaje de este problema analítico está incluido en diferentes asignaturas del Grado de Químicas, Ciencias Ambientales e Ingeniería Química. Este estudio se ha aplicado a las asignaturas “Experimentación en Química Analítica” (4º curso del Grado en Ciencias Ambientales) y “Laboratorio de Análisis Aplicado” (4º curso del Grado de Químicas), quedando posteriormente el material elaborado a disposición de poder ser aplicado en otras asignaturas.

3. Desarrollo de la innovación



En el procedimiento de trabajo se incluyen las siguientes etapas: a) Selección de los conceptos, procedimientos y técnicas difíciles de asimilar, b) Preparación del video tutorial, c) Desarrollo de instrumentos de evaluación que permitan evaluar la adquisición de competencias específicas y transversales de la materia tratada, los cuales serán utilizados antes y después de la aplicación del material elaborado, d) Aplicación del video tutorial elaborado, e) Evaluación de los resultados obtenidos y f) Validación del material elaborado.

El estilo del video tutorial se ha basado en la voz, texto escrito, gráficos e imágenes que se han organizado convenientemente para favorecer el aprendizaje de los alumnos.

Desde el punto de vista técnico, el video elaborado se ha grabado en la modalidad de “Screencast” conteniendo narración de audio a partir de Powerpoint.

El video tutorial se encuentra a disposición de todos los estudiantes, quienes podrán decidir su necesidad de utilizarlo o no, así como cuando y donde, según sus propias necesidades.

4. Resultados

Los conceptos tratados en el presente video han sido objeto de cuestiones que fueron completadas por los alumnos tras recibir las correspondientes explicaciones en clases presenciales siguiendo el método tradicional y después de visualizar el video. De esta forma, se valoraron las dificultades encontradas por los alumnos en la comprensión de estos conceptos antes y después de utilizar el material elaborado.

4.1. Asignatura “Laboratorio de Análisis Aplicado”

Los conocimientos de los alumnos sobre el efecto matriz se han evaluado a través de un cuestionario con 15 preguntas tipo test. El video se aplicó a un grupo de practicas de laboratorio de 10 alumnos. Previamente a la visualización del video los alumnos realizaron el cuestionario en clase y solamente 2 de los 10 alumnos superaron el examen con calificaciones de 6.0 y 5.3 sobre 10. Posteriormente, se incluyó el video y el cuestionario nuevamente en la página web de la asignatura a través de la plataforma Blackboard Learn y, tras su visualización, todos los alumnos participantes superaron el examen, mejorando en todos los casos su calificación con la excepción de uno, que repitió la calificación de 3.3. Las calificaciones fueron las siguientes: 3 alumnos con una calificación de Aprobado (5.3, 5.3 y 6.7), 3 alumnos con calificación de Notable (8.0, 8.0 y 8.7) y 3 alumnos con una calificación de sobresaliente (9.3 en todos los casos). En la Figura 1 se muestran de forma comparativa las calificaciones obtenidas por los alumnos antes y después de la visualización del video.

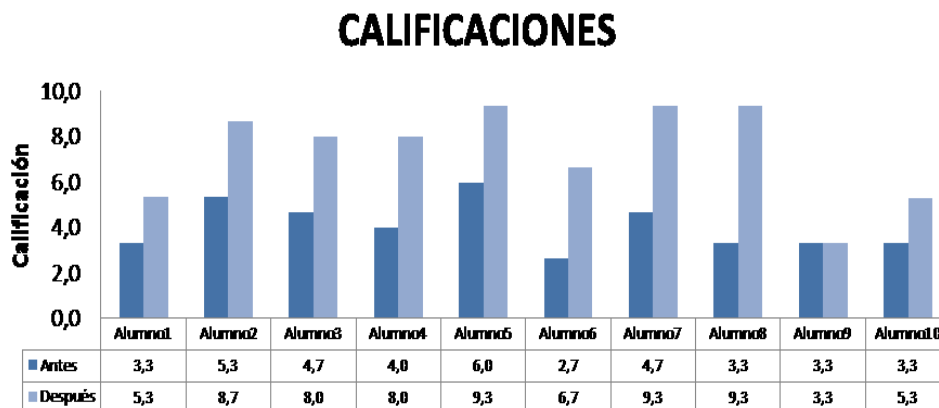


Figura 1. Calificaciones obtenidas por los alumnos antes y después de la visualización del video

En relación al examen, constaba de 15 cuestiones sobre el efecto matriz, que se muestran a continuación:

1. ¿Cuál de las siguientes definiciones del Efecto Matriz es la correcta?
 - a) Señal analítica debida a un compuesto o varios compuestos que contiene la muestra problema.
 - b) Variación de la concentración del analito en la muestra debido a la presencia de otros compuestos.
 - c) Variación significativa de la señal del analito en una muestra con respecto a la señal del analito en disolvente.
 - d) Presencia de una señal en la muestra diferente a la del analito que origina un incremento en su señal.
2. ¿Cómo se determina cuantitativamente el efecto matriz (ME)?
 - a) Comparando las señales que se obtienen en un blanco de muestra con las señales que se obtienen en un blanco de disolvente.
 - b) Comparando las pendientes de las rectas de calibrado preparadas con patrones en disolvente y en extracto blanco de matriz.
 - c) Comparando tanto las pendientes como las ordenas en el origen de las rectas de calibrado preparadas con patrones en disolvente y en matriz.
 - d) Comparando la señal de un patrón del analito en disolvente y en la muestra real.
3. ¿Cuándo se considera que no existe ME?
 - a) Cuando la señal medida de una concentración de analito en la muestra es significativamente mayor que su señal en disolvente.
 - b) Cuando se produce un incremento en la señal del analito en la muestra con respecto a la señal que se obtiene en disolvente.
 - c) Cuando existe tanto un incremento como una disminución de la señal del analito en disolvente con respecto a la señal que se obtiene en una muestra.
 - d) Cuando las señales del analito en disolvente y en extracto blanco de muestra no son significativamente diferentes.
4. ¿Cuándo existe un fuerte efecto de la matriz sobre la señal del analito?
 - a) $ME (\%) < 50\%$
 - b) $ME (\%) > |\pm 50\%|$
 - c) $10\% < ME (\%) < 50\%$
 - d) $ME (\%) < |\pm 50\%|$
5. ¿Cómo se define interferencia en Química Analítica?
 - a) Componente de la muestra que presenta una señal que interfiere en la señal del analito y que origina tanto errores aleatorios como sistemáticos.
 - b) Componente de la muestra que presenta una señal que interfiere en la señal del analito y que afecta solo su identificación.
 - c) Componente de la muestra que no se puede detectar pero que interfiere solo en la identificación del analito.
 - d) Componente de la muestra que presenta una señal que interfiere en la señal del analito y que afecta solo a la cuantificación del analito.
6. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones en espectrometría de masas en tándem (MS/MS) acerca del efecto que tiene la presencia de interferencias en la medida de un analito no es correcta?
 - a) La presencia de interferencias en la muestra puede originar un falso positivo.
 - b) La presencia de interferencias en la muestra puede originar un falso negativo.
 - c) La presencia de interferencias en la muestra causa problemas en la identificación y/o cuantificación del analito.
 - d) La presencia de interferencias origina errores proporcionales a la concentración de analito.
7. ¿Cuándo se dice que el resultado de un análisis es un falso negativo en MS/MS?
 - a) El analito está presente en la muestra pero a una concentración por debajo del límite de detección.
 - b) El analito no está presente en la muestra pero se observa una de las dos transiciones al mismo tiempo de retención.
 - c) El analito está presente en la muestra pero debido a la presencia de interferencias no se cumplen los criterios de identificación.
 - d) El analito y la interferencia eluyen al mismo tiempo de retención aunque no tienen transiciones en común.

8. ¿Cuáles son los principales factores que causan efecto matriz en la detección mediante MS?
- La fuente de ionización.
 - El tipo de espectrómetro de masas.
 - Las condiciones del espectrómetro de masas.
 - Todas las respuestas son correctas.
9. Indica cuál de las siguientes afirmaciones es correcta.
- En GC-MS la señal del analito en la muestra se incrementa debido a la interacción de los componentes de la matriz con los sitios activos del inyector.
 - En LC-MS se origina principalmente el incremento de la señal del analito en la muestra
 - El fenómeno de supresión de la señal se origina principalmente en GC-MS.
 - La supresión de la señal depende de la naturaleza del analito y no de la técnica de análisis.
10. ¿Cuáles son las zonas del cromatograma donde se observa generalmente un mayor efecto matriz?
- La primera parte del cromatograma es la única en la que aparecen los componentes de la matriz.
 - La parte central del cromatograma debido a que eluyen la mayor parte de componentes de la matriz.
 - La parte final del cromatograma es la que presenta un mayor efecto matriz debido a los componentes menos retenidos.
 - Ninguna de las respuestas es correcta.
11. Indica cuál de las siguientes estrategias puede reducir el efecto matriz
- Cuantificar los analitos en las muestras usando curvas de calibrado preparadas con extracto blanco de matriz.
 - Modificar las condiciones del sistema de LC o GC hasta conseguir la separación de los analitos del resto de componentes de la matriz.
 - Añadir un estándar interno que eluya al tiempo de retención del analito.
 - Cuantificar los analitos con el método de adición de estándar.
12. Indica cuál de las siguientes afirmaciones en el análisis mediante LC-MS es correcta
- El ME depende del analito y se origina principalmente en el sistema de inyección.
 - El ME depende del analito y se origina en las primeras etapas del proceso de ionización.
 - El ME no depende del analito sino que su efecto produce una disminución constante de la señal del analito.
 - El ME depende del analito siendo el incremento de la señal el efecto más común.
13. Una de las estrategias para reducir las interferencias de matriz es incluir etapas de limpieza más efectivas. Indica cuales son los principales inconvenientes que conlleva la inclusión de esta etapa
- Se incrementa el tiempo pero se reduce el coste del análisis.
 - Se incrementa el tiempo pero mejoran las recuperaciones.
 - Se incrementa el tiempo y el coste del análisis pero se pueden producir pérdidas de los analitos.
 - Siempre se produce pérdida de los analitos.
14. ¿Cuál es el método más eficaz y que presenta menos inconvenientes para compensar el ME en el análisis de residuos de pesticidas en aguas de diferente naturaleza?
- Curva analítica.
 - Curva de calibrado en matriz.
 - Adición de estándar.
 - Adición de estándar interno.
15. Una de las técnicas utilizadas para reducir el efecto matriz en GC consiste en la adición de protectores del analito. Indique la opción correcta
- Los agentes protectores solo se añaden a las muestras y no a los patrones de calibrado.
 - El agente protector debe interactuar con el analito y no con el resto de componentes de la matriz.
 - Los agentes enmascarantes interactúan con los sitios activos del sistema de GC.
 - Todas las respuestas son correctas.

En la Figura 2 se muestra de forma comparativa el porcentaje de aciertos antes y después de la visualización del video para cada una de las cuestiones.

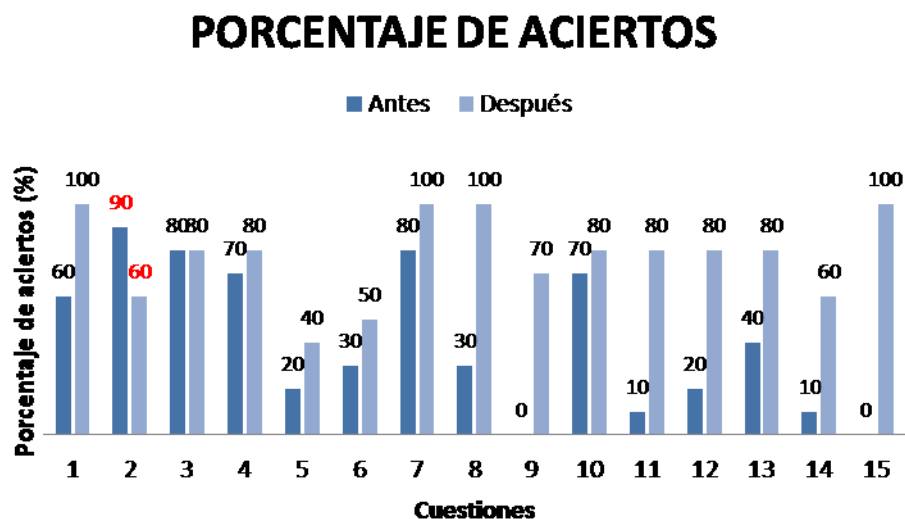


Figura 2. Porcentaje de aciertos antes y después de la visualización del video

Antes de la visualización del video ningún alumno contestó correctamente dos de las cuestiones del test (Cuestiones 9 y 15), teniendo el mayor número de aciertos las Cuestiones 2, 3, 4 y 7 con un 90% la Cuestión 2, 80% las Cuestiones 3 y 7, y 70 % la Cuestión 4. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, tras la visualización del video el porcentaje de aciertos se incrementó en todos los casos, con la excepción de uno de los alumnos que obtuvo el mismo número de aciertos antes y después de la visualización.

En relación a las cuestiones planteadas, todos los alumnos después de visualizar el video contestaron correctamente 4 de las cuestiones del test (Cuestiones 1, 7, 8 y 15), 6 de las cuestiones (Cuestiones 3, 4, 10, 11, 12 y 13) fueron contestadas correctamente por el 80 % de los alumnos, 2 de

las cuestiones (Cuestiones 9 y 14) las contestaron correctamente el 70 y 60 % de los alumnos, respectivamente y solo 2 de las Cuestiones (Cuestiones 5 y 6) las contestaron correctamente el 40 y 50 % de los alumnos, respectivamente.

En la Figura 2, puede observarse que el uso del video mejoró en la mayoría de los casos el número de aciertos, principalmente en el caso de la Cuestión 15 que antes de la visualización del video fue contestada incorrectamente por todos los alumnos y tras la visualización el número de aciertos fue del 100 %. Otro ejemplo que es posible destacar son las Cuestiones 9, 12, 14 y 15, en las que más del 50 % de los alumnos mejoraron. En cuanto a la Cuestión 3, puede observarse que fue la única cuestión que obtuvo el mismo porcentaje de aciertos (80%) antes y después de la visualización, pudiendo deducirse que en ningún caso el video consiguió la asimilación correcta del contenido al que se refiere la Cuestión 3.

Por último, hay que hacer notar los resultados obtenidos en la Cuestión 2, la cual fue respondida correctamente antes de la visualización del video por el 90% de los alumnos y tras ver el video el número de aciertos descendió y tan solo el 60% de los alumnos la contesto correctamente.

Estudiando con más detalle la Cuestión 2 que se muestra a continuación:

2. ¿Cómo se determina cuantitativamente el efecto matriz (ME)?
- Comparando las señales que se obtienen en un blanco de muestra con las señales que se obtienen en un blanco de disolvente.
 - Comparando las pendientes de las rectas de calibrado preparadas con patrones en disolvente y en extracto blanco de matriz
 - Comparando tanto las pendientes como las ordenas en el origen de las rectas de calibrado preparadas con patrones en disolvente y en matriz.
 - Comparando la señal de un patrón del analito en disolvente y en la muestra real.

La respuesta correcta es la opción b), sin embargo todos los alumnos que respondieron incorrectamente dicha cuestión marcaron como respuesta correcta la opción c). La determinación cuantitativa del efecto matriz se aborda en el video, diferenciando entre el concepto de interferencia de

matriz que causa normalmente un incremento constante de la señal del analito y que es independiente de la concentración y por tanto solo afecta a la ordenada en el origen de la recta de calibrado y el concepto de efecto matriz que afecta a la señal del analito en la muestra y que varía con la concentración, afectando a la pendiente de la recta de calibrado. La justificación de este resultado puede ser debida a que en la respuesta c) se comparan dos parámetros, ordenada en el origen y pendiente, frente a la respuesta b) donde solo se compara un parámetro, la pendiente. Si no se tiene claro qué opción elegir, el alumno optará por la respuesta c) por ser más global. Posiblemente, sea necesario clarificar un poco más en el video el concepto tratado en esta cuestión.

4.2. Asignatura “Experimentación en Química Analítica”

Se trata de una asignatura de carácter práctico impartida en 4º curso del Grado en CCAA. En esta asignatura se aborda el problema del efecto matriz utilizando el método de la adición de patrón en la determinación de hierro en vinos mediante espectrofotometría UV-Vis. Aunque en el programa de la asignatura teórica “Análisis Instrumental” se explica la calibración mediante la adición de patrón o adición de estándar para corregir problemas relacionados con el efecto de la matriz de la muestra sobre la señal del analito, en un seminario previo a dicha práctica se les explica a los alumnos el problema del “efecto matriz”, considerándolo con un enfoque más amplio.

En este sentido, es importante señalar que el video elaborado sobre el “efecto matriz”, aborda esta problemática en profundidad cubriendo así los objetivos de un curso avanzado de Análisis Instrumental, incluyendo las técnicas cromatográficas acopladas a la Espectrometría de Masas. Sin embargo, esta técnica no se incluye en la única asignatura de Análisis Instrumental cursada por los alumnos de Ciencias Ambientales,

por lo que los conocimientos de estos alumnos sobre el efecto matriz se evaluaron a través de un cuestionario con 5 preguntas tipo test, excluyendo las preguntas que requieran el conocimiento de la técnica de Espectrometría de Masas.

Previamente a la visualización del video el único alumno matriculado en la asignatura realizó el cuestionario en clase superando el examen con una calificación de 6.0 sobre 10. Posteriormente, se incluyó el video y el cuestionario nuevamente en la página web de la asignatura a través de la plataforma Blackboard Learn y, tras la visualización del video, la calificación obtenida mejoró considerablemente hasta un sobresaliente (10.0).

El examen constaba de 5 cuestiones sobre el efecto matriz, que se muestran a continuación:

1. En el caso de que exista efecto matriz sobre la señal del analito, ¿a qué sería debido?
 - a) A los compuestos de la matriz
 - b) A interferencias en el disolvente
 - c) A interferencias de la matriz y el disolvente
 - d) Todas las respuestas son incorrectas
2. ¿Qué efectos produce el efecto matriz en la señal de los analitos?
 - a) Siempre se produce una disminución de la señal
 - b) Siempre se produce un aumento de la señal
 - c) Variación de la respuesta del analito en presencia de matriz con respecto a la respuesta en disolvente
 - d) El efecto matriz no produce variación de la señal
3. ¿Cómo se puede reducir el efecto matriz?
 - a) El efecto matriz es imposible de reducir
 - b) Una posible solución sería mejorar el paso de limpieza y diluir el extracto de la muestra
 - c) Una solución sería preconcentrar la muestra
 - d) La única solución sería diluir el extracto de la muestra
4. ¿Cuándo se debe usar el método de la adición de patrón para el análisis de una muestra real?
 - a) Cuando exista efecto matriz y sea difícil conseguir una matriz que esté libre de los analitos de interés
 - b) Cuando no exista efecto matriz
 - c) Cuando exista efecto matriz y se tengan muchas muestras que analizar
 - d) Cuando exista efecto matriz y tengamos poca cantidad de muestra real
5. ¿Cuándo se considera un efecto matriz suave?
 - a) $ME(\%) < -20\%$
 - b) $-20\% < ME(\%) < +20\%$
 - c) $ME(\%) < 50\%$
 - d) $-30\% < ME(\%) < 30\%$

Antes de la visualización del video el alumno contestó correctamente tres de las cuestiones del test (Cuestiones 1, 2 y 4). Sin embargo, tras la visualización de video el alumno contestó correctamente las 5 cuestiones del test. En el caso de la Cuestión 3 (¿Cómo se puede reducir el efecto matriz?), el video muestra los diferentes métodos para reducir o compensar el efecto matriz del forma gráfica y clara, lo que ha permitido la asimilación de estos procedimientos y, por tanto, la contestación correcta de esta pregunta. En relación a la Cuestión 5 (¿Cuándo se considera un efecto de la matriz suave?), se trata de un aspecto memorístico que igualmente, con la visualización del video quedó completamente aprendido.

5. Conclusiones

Se ha elaborado un video tutorial sobre el “efecto matriz” donde se exponen los conceptos relacionados con este problema, así como las hipótesis que lo justifican y los distintos procedimientos para reducirlo o compensarlo. El video se ha aplicado en las asignaturas “Laboratorio de Análisis Aplicado” (4º curso del Grado de Químicas) y “Experimentación en Química Analítica” (4º curso del Grado en Ciencias Ambientales), comprobándose que mejora efectivamente el aprendizaje del citado concepto, introduciendo a los estudiantes en un curso avanzado de Análisis Instrumental moderno.

6. Referencias

Arasasingham, R.D., Martorell, I. y McIntire, T. (2011). En *J. College Sci. Teach.*, vol. 40, p. 70-79.

Bloom, B.S. (1984). En *Educ. Res.*, vol. 13, p. 4-16.

He, Y., Swenson, S. y Lents N. (2012). “On line video tutorials increase learning of difficult concepts in an undergraduate Analytical Chemistry course” en *J. Chem. Educ.*, vol. 89, p. 1128-1132.

Jordan, J.T., Box, M.C., Eguren, K.E., Parker, Th.A., Saraldi-Gallardo, V.M., Wolfe, M.I. y Gallardo-Williams, M.T. (2016). “Effectiveness of student-generated video as a teaching tool for an instrumental technique in the Organic Chemistry laboratory” en *J. Chem. Educ.*, vol. 93, p. 141-145.

