

Prácticas de Laboratorio de Química Marina: Aula invertida y TICs

C. Collado Sánchez^{*a}, M.D. Gelado Caballero^a

^aGrupo de Investigación en Tecnologías, Gestión y Biogeoquímica Ambiental (TGBA),
Dpto. de química, Edificio de Ciencias Básicas, Campus Universitario de Tafira,
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), 35017-Las Palmas

RESUMEN

En este trabajo se presenta un ejemplo de aprendizaje invertido y aplicación de TICs en la asignatura de Química Marina del grado en Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). La asignatura se imparte en el quinto semestre, cuando los alumnos ya han adquirido ciertas destrezas básicas en el laboratorio y están familiarizados con el uso de TICs. Las clases prácticas de Química Marina se utilizaron para introducir herramientas TICs que facilitaran el aula invertida. Se emplearon recursos multimedia en actividades sincrónicas y asincrónicas. El acceso a estos recursos se realizó mediante los dispositivos personales del alumno y/o los facilitados por el centro. El objetivo principal fue la creación de un entorno donde el alumno pudiera tomar decisiones en función de sus necesidades, aunque el acceso a la información fuera guiado por el docente. Además, se posibilitó al alumno conocer de forma casi inmediata los resultados de su aprendizaje. Para ello, se hizo uso de juegos de adiestramiento y de cuestionarios que permitían reafirmar la adquisición y entendimiento de los conceptos y procedimientos experimentales. La aceptación entre los alumnos de la propuesta didáctica desarrollada durante el curso 2018/2019 fue validada a través de una encuesta. Un 82% del total de los alumnos indicaron estar “totalmente de acuerdo” o “de acuerdo” con las actividades que se habían realizado. Los alumnos señalaron como ventaja el potencial para poder revisar los fundamentos teóricos-prácticos de los experimentos en cualquier momento y selectivamente.

Palabras clave: Laboratorio Química Marina, Clase invertida, Rúbrica, Evaluación mediante juego

1. INTRODUCCIÓN

Las prácticas de laboratorio en asignaturas de ciencias experimentales permiten promover el aprendizaje significativo y cooperativo [1]. Los estudiantes son muy proactivos en este entorno de aprendizaje ya que identifican estas actividades como una oportunidad de realizar un ejercicio combinado de habilidades procedimentales nuevas o ya adquiridas con el desarrollo de capacidades de comunicación oral y escritas [1][2]. También, el trabajo de laboratorio crea una colaboración entre iguales y un desarrollo de su pensamiento crítico ante los resultados obtenidos. No obstante, en determinadas ocasiones, las prácticas se pueden convertir en un mero guion a seguir que no suscita ningún interés al alumnado en el proceso pre- y post-experimental. Por ello, es necesario estimular la participación activa del estudiante antes, durante y después de la actividad de prácticas. Una forma de hacerlo es incorporar y diseñar actividades específicas que despierten la curiosidad del alumno y le estimulen a la investigación. Dentro de la amplia gama de recursos que pueden favorecer estos objetivos, podemos encontrar distintas plataformas, murales virtuales, bancos de contenidos y herramientas de edición. En particular, los juegos (tales como Quizlet, Playposit, EDPuzzle, Socrative, Kahoot y Gnowledge) pueden ser muy útiles ya que permiten evaluar mediante cuestionarios la adquisición de los conocimientos de una manera flexible, adaptándose al ritmo de aprendizaje del alumno [3].

Las actividades pre-laboratorio son fundamentales para el posterior buen desarrollo experimental. Una de sus ventajas es que éstas se pueden desarrollar mediante aprendizaje autodirigido [4][5]. La clase invertida con elementos multimedia adecuados es una buena alternativa a la clase tradicional. El proceso de autoaprendizaje suele aportar a los estudiantes mayor comprensión de los conceptos teóricos y de los procedimientos experimentales [6]. Destaca también, como virtud

* cayetano.collado@ulpgc.es tlf: +34928454435.

de las actividades pre-experimentales, el efecto tranquilizador y de confianza para el alumno. Conocer anticipadamente los procedimientos y poder visualizarlos, genera seguridad en el desarrollo práctico de la sesión de laboratorio.

La evaluación de la actividad prelaboratorio se puede realizar mediante test o juegos. Estos juegos tienen beneficios comprobados en la motivación ya que involucran a todos los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje [3]. El resultado del juego permite estimar el grado en que han sido adquiridos los conocimientos teóricos y procedimentales. Además, el alumno recibe una retro-alimentación inmediata antes del desarrollo de la clase práctica [7].

El proceso de evaluación de los resultados de las prácticas de laboratorio de una forma precisa es también un reto importante. La evaluación debe ser indicativa de qué conocimientos y habilidades han adquirido los alumnos. Adquirir competencias tales como comunicación, uso de las TICs, pensamiento crítico, etc., deben ser medidas con criterios objetivables. La rúbrica es una herramienta facilitadora de la evaluación, estableciendo los requisitos necesarios para el logro de las competencias del curso específico.

A continuación, se describe la implantación de un conjunto de herramientas en el proceso de enseñanza-aprendizaje y evaluación de las prácticas de laboratorio de la asignatura de Química Marina en el grado de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Se trata de una materia obligatoria de 6 créditos de los cuales 2 corresponden a prácticas de laboratorio. El objetivo principal de este trabajo fue la creación de un entorno que permitiera el aprendizaje invertido y que el alumno reconozca buenas prácticas de medida y experimentación en el laboratorio.

2. LAS PRÁCTICAS DE QUÍMICA MARINA

El proyecto docente de prácticas de laboratorio de Química Marina contempla 10 sesiones de 2 horas de duración con una frecuencia semanal. El trabajo práctico de experimentación se realizó en grupos de 2 alumnos. Durante las sesiones de laboratorio se llevó a cabo, fundamentalmente, el desarrollo experimental y, en la medida de lo posible, se dedicó una parte de la sesión al análisis de los resultados obtenidos. El profesor controló el proceso del experimento, supervisando que se cumplieran los objetivos de las prácticas. Además, se observó que se registrarán todas las observaciones y los datos durante el desarrollo experimental. Por otra parte, se animó a los alumnos al uso de aplicaciones de ofimática durante el experimento, de tal forma que se generara un cuaderno electrónico que pudiera ser compartido entre los miembros del grupo. Así, por el ejemplo, el uso de láminas de cálculo facilitó el tratamiento de datos y obtención de resultados durante el experimento. En el proceso se favoreció una retroalimentación entre iguales y con el profesor, fortaleciendo el aprendizaje. Además, se evidenció una mejor calidad de los informes de prácticas y mayor pensamiento crítico. Todo el intercambio de la información, tutorización, evaluación y publicación de los resultados del aprendizaje se realizó en el entorno Moodle del campus virtual de la UPLGC.

1.1 Preparación de la práctica. Clase invertida

Uno de los objetivos fundamentales de la formación práctica experimental es suministrar las herramientas necesarias para que el alumno pueda desarrollar un método científico de trabajo, junto con habilidades prácticas, intelectuales y personales. Las experiencias de laboratorio son el marco donde el alumno plasmará los conocimientos teóricos adquiridos y obtendrá otros nuevos, además, de desarrollar habilidades de investigación. Para lograr estos objetivos, la práctica experimental requiere de unos tiempos de dedicación mínimos. El alumno debería centrarse en la experiencia y el profesor debería ayudar a la gestión y supervisión del proceso de aprendizaje. Sin embargo, los docentes dedican mucho tiempo a la enseñanza de los contenidos teóricos del experimento. Una forma de evitar esto, es hacer partícipes de la fase de preparación de la actividad al alumnado mediante la utilización de la clase invertida. De esta manera, la parte conceptual y procedimental de la práctica se realiza fuera del aula-taller de laboratorio. El tiempo de la clase de laboratorio se utilizará, fundamentalmente, para transferir la experiencia del docente, atender a la diversidad del alumnado, potenciar las habilidades, comentar de forma personalizada los resultados y estimular otras competencias como la comunicación y transmisión de los resultados experimentales.

En la experiencia desarrollada, los estudiantes han utilizado un manual de prácticas cuyo contenido estaba en línea complementado con diverso material multimedia. Estos manuales interactivos contienen los protocolos y metodologías de cada una de las prácticas junto con videos de prácticas equivalentes y otros complementos a la explicación teórica enlazando recursos en web. Gracias a estas herramientas, los alumnos de manera autónoma realizaron la revisión de sus conocimientos previos y la preparación de la sesión práctica.

Se ha utilizado la aplicación de Microsoft Office365 Sway para generar los manuales interactivos. Esta herramienta permite crear documentos y presentaciones de una forma muy sencilla, con un almacenamiento en la nube, así como, compartir mediante un enlace el manual. Otra característica que tiene la aplicación Sway es su capacidad de adaptarse siempre a la pantalla del dispositivo en el que se esté viendo (Figura 1).

Método de determinación

Método volumétrico. Método Winkler. (ver aquí)

¿En qué consiste el método Winkler?

Este método, introducido por Winkler (1888) y optimizado por Carrit y Carpenter (1965) se desarrolla de la siguiente manera:

1) A la muestra a valorar se le adiciona una disolución de manganeso (II). En presencia de un medio alcalino, por la adición de hidróxido sódico, se forma un precipitado de hidróxido de manganeso (II):

Winkler method

Step 1 $2\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{OH}^{-}(\text{aq}) + \text{O}_{2(\text{aq})} \rightarrow 2\text{MnO}_{2(\text{s})} + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Step 2 $\text{MnO}_{2(\text{s})} + 2\text{I}^{-}(\text{aq}) + 4\text{H}^{+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + \text{I}_{2(\text{aq})} + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Step 3 $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{I}_{2(\text{aq})} \rightarrow \text{S}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq}) + 2\text{I}^{-}(\text{aq})$

$2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) : \text{I}_{2(\text{aq})} \text{ 2:1}$

$\text{MnO}_{2(\text{s})} : \text{I}_{2(\text{aq})} \text{ 1:1}$

$\text{O}_{2(\text{aq})} : 2\text{MnO}_{2(\text{s})} \text{ 1:2}$

Ratio of O_2 to $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ is 1:4

One mole of O_2 reacts with 4 moles of $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$

$\text{Mn}^{2+} + 2 \text{OH}^{-} \rightleftharpoons \text{Mn(OH)}_2$

Las parejas de oxidación-reducción son las siguientes:

$1/2 \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons 2 \text{OH}^{-} \quad E = 0.401 \text{ V}$

$\text{Mn}^{2+} + 2 \text{OH}^{-} \rightleftharpoons \text{Mn(OH)}_2 \quad E = 0.10 \text{ V}$

01

Solubilidad del Ox...



02

Objetivo



03

Conceptos teóricos

La concentración de oxígeno disuelto en el oxígeno



04

Método de determ...



05

Reactivos



06

Material

Materiales utilizados



07

Pasos a seguir en ...

Nº Botella	Volum. botella

08

Tarea a entregar

Determinar la solubilidad de oxígeno disuelto en el oxígeno

Figura 1. Imagen Sway de la práctica nº2. Solubilidad del oxígeno en función de la salinidad. La presentación Sway es un manual interactivo con enlace por hipervínculos e inserción de documentos y videos, lo que permite añadir información que el alumno puede utilizar para repasar conceptos o visualizar el proceso de la práctica.

La evaluación del aprovechamiento de la clase invertida se realizó mediante una actividad de tipo cuestionario, bien utilizando una herramienta de juego como es Quizizz (Figura 2) o bien mediante una prueba tipo test de Moodle.

1/3
Guardar la salida

$\text{Ag}^{+} \left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{N}-\text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \right]^{-}$

¿Por qué hay que valorar/titular la disolución de nitrato de plata?

1

Es porque hay que saber la concentración exacta de la disolución de NaCl

2

Es debido a la inestabilidad de la disolución de nitrato de plata

3

Es una cuestión de comprobación simplemente

4

Es porque la disolución de nitrato de plata no es un patrón primario

SELECCIONE TODAS LAS QUE CORRESPONDAN

Figura 2. Captura de presentación de una pregunta tipo test mediante la aplicación online Quizizz (<https://quizizz.com/>) para la evaluación de la clase invertida de la determinación de la clorinidad.

Este tipo de actividad previa a la realización de la parte experimental permitió evaluar tanto el grado de conocimiento en el fundamento de la parte experimental, como el grado de concreción e identificación de dichos fundamentos. Además, estas herramientas permiten evaluar si se está en disposición de lograr los objetivos planteados en la sesión experimental e indagar sobre si el alumno conoce la mecánica de ejecución de la práctica. La utilización del juego supone un estímulo para el alumno y le obliga a poner en valor el conocimiento adquirido. Los resultados pueden ser utilizados durante la sesión de laboratorio reforzando aquellas cuestiones donde exista una mayor complejidad para el alumno o creando nuevas tareas que refuercen el aprendizaje en sesiones futuras (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de la evaluación de metodología en 39 alumnos sobre la práctica de determinación de la Clorinidad y la Salinidad mediante cuestionario Quizizz con configuración de varios intentos.

Preguntas	El Nivel de la Clase		
	# Acertadas	# Incorrectas	# No realizadas
Tras la lectura de la práctica. ¿Qué papel juega el cromato potásico en la determinación de la clorinidad mediante el método Knudsen?	15	21	3
La salinidad es un indicador de tipo	16	20	3
¿Por qué hay que valorar/titular la disolución de nitrato de plata?	14	22	3
Total	45	63	9
Exactitud	38%		

1.2 Proceso experimental

La sesión experimental se desarrolla durante dos horas en grupos de dos alumnos con una frecuencia semanal. Durante los primeros 5 minutos, se repasan los objetivos y procedimientos de la práctica en cooperación con los alumnos. Durante el desarrollo de la práctica, se anima a los alumnos a utilizar cuadernos digitales y las tablas excel para registrar los datos y gráficas de resultados. Este procedimiento permite comprobar la bondad del dato obtenido y su ajuste a lo esperado, tanto por los alumnos y como por el profesor. El cuaderno o registro digital de resultados presenta la ventaja de poder añadir comentarios a las tablas, así como, una colaboración inmediata al compartirlo *online* entre los miembros del grupo mediante el OneDrive o Google Drive [8] [9]. Todo el proceso de enseñanza-aprendizaje se realiza en un entorno con documentos digitales [10]. El registro digitalizado de los resultados permite al alumnado desarrollar competencias y destrezas en tecnologías de la información y comunicación (TICs) [11].

1.3 Evaluación de la práctica

La evaluación final de las prácticas se realizó mediante un informe individual de los experimentos realizados. El informe se estructuró en portada, índice, objetivos, resultados, discusión, planteamiento de cuestiones teórico-prácticas y bibliografía consultada. La entrega se realizó dentro de las dos semanas posteriores a la clase de laboratorio mediante un fichero tipo texto, excel o pdf como una tarea del campus virtual de la asignatura. Previamente, se había establecido una guía de estilo para la redacción del documento. La calificación de cada uno de los informes se realizó mediante una rúbrica que valoraba los componentes de la memoria recogidos en la Tabla 2. Se utilizó la herramienta de tarea de Moodle ya que permitía el uso de sistemas de calificación avanzados como la rúbrica, facilitando además introducir comentarios y señalar la puntuación obtenida para cada componente de la rúbrica.

Tabla 2. Rúbrica para la evaluación de los informes de prácticas en cuanto a formato, contenidos, cuestiones planteadas y bibliografía. Se refleja la puntuación máxima de cada componente. Se realiza una gradación en cuatro tramos desde 0, objetivo no desarrollado, hasta el máximo valor del componente.

Componente	Puntos
Portada: Título de general. Nombre y Apellido de autor/es. Fecha entrega/ Grado/Nombre asignatura. Cuando sea un compendio de prácticas un título para cada práctica. En varios actores incluirá segunda página junto al nombre de cada autor la palabra: visto.	4
Índice: Presenta listado el contenido completo del trabajo. Sigue una secuencia lógica. Muestra la paginación	4
Formato del contenido: no presenta errores tipográficos ni ortográfico; los números se presentan formateados y con la precisión necesaria. Se escriben todo con el mismo tipo de letra. Hay una estructura de párrafos con justificación total en formato. Se utilizan las abreviaturas adecuadas.	6
Objetivos planteados: En un párrafo o dos plantea los objetivos básicos a desarrollar y como se desarrollarán utilizando sus propias palabras.	10
Estructura de los resultados y discusión: Recopila y ordena los datos en relación con el procedimiento. Se presentan los datos en tablas y gráficas de forma clara.	10
Descripción de los resultados: descripción de datos y tratamiento de datos con ecuaciones cuando sea necesario. Los datos incorporados están justificados. Justifica la presencia de los datos haciendo referencia a las tablas y gráficas de resultados.	10
Formato de figuras: Todas tienen ejes, con la precisión y formato adecuado, los ejes tienen sus nombres con sus unidades. No hay elementos innecesarios en la gráfica para visualizar los resultados. Utiliza la misma letra que el resto del texto. Contiene de una a tres líneas con la descripción de la gráfica como pie de la figura. Están numeradas.	5
Formatos de tablas y ecuaciones: Todas tienen los números con la precisión y formato adecuado. Tiene asignadas las unidades. Utiliza la misma letra que el resto del texto. Contiene de una a tres líneas con la descripción de la tabla como encabezado. Están numeradas. Las ecuaciones están centradas, numeradas y con las variables correctas. La fórmula química estará correctamente descrita con los subíndices y superíndices correspondientes.	5
Discusión de los resultados: Se realiza de forma resumida de los resultados. Justifica los resultados atendiendo a los esperados por las hipótesis o bibliografía. Interpreta los errores en el contexto y propone mejoras.	10
Preguntas planteadas: Se contestan a todas las preguntas planteadas. Se realiza una justificación de las respuestas dentro del marco teórico.	5
Bibliografías y citas: Lista las citaciones y fuentes de información utilizadas en el texto. Utiliza el formato adecuado para su presentación tanto en documentos escritos como electrónicos y páginas web. (por ejemplo, norma UNE-EN 50-104-94)	5

3. EVALUACIÓN

En este trabajo se ha realizado una propuesta para la asignatura de Química Marina consistente en aplicar la clase invertida con uso de TICs. Se han empleado distintos tipos herramientas para la preparación, el seguimiento y la evaluación de las prácticas tales como aplicaciones de juegos. El curso se ha estructurado desde la plataforma del campus virtual de la ULP GC en un entorno Moodle. La propuesta ha permitido, desde el punto de vista docente, un control del proceso de aprendizaje y verificar la adquisición de competencias como las habilidades de investigación, las buenas prácticas científicas y el saber trabajar en el laboratorio fomentando las tareas de equipo. Estas competencias se favorecieron en un entorno digital más cercano a los escenarios profesionales que se encontrarán los futuros egresados. El proceso de evaluación de los resultados del aprendizaje no consume más tiempo que los procedimientos tradicionales y, por otra parte, facilita el almacenamiento de las evidencias tales como los datos obtenidos en los test y cuestionarios y el acceso a las mismas de una forma rápida y trazable.

Los alumnos han valorado esta propuesta mediante una encuesta de carácter voluntario donde a través de 26 cuestiones, que incluían la evaluación de la clase invertida, del manejo de dispositivos, del tiempo para el desarrollo experimental, de la utilización de guiones de prácticas interactivos, de los juegos y de los test, entre otras. Una escala de Likert permite determinar la conformidad de los alumnos con las cuestiones. Se obtuvieron un total de 22 respuestas frente a 39 alumnos,

el 56% de alumnos del curso. Las actividades planteadas tuvieron gran acogida, especialmente, la implementación de los manuales interactivos para la cual el 82% de los alumnos indicaban que estaban totalmente de acuerdo o de acuerdo con su uso. Además, señalaron que estos manuales les permitían la revisión de conceptos y fundamentos asociados al experimento. Por otra parte, el 73% de los alumnos mostró estar de acuerdo con que el manual les había ayudado a entender mejor la actividad experimental. El 59% de los alumnos estaban de acuerdo o muy de acuerdo en que los test les habían facilitado la evaluación de su aprendizaje. Un 73% de los estudiantes manifestaron que estaban muy de acuerdo con la opción de la herramienta de gamificación Quizizz, encontrando que era más interesante que sus equivalentes de la plataforma Moodle. En cuanto a la evaluación de la actividad, la repuesta de los alumnos señaló que el 54% preferían la evaluación del aprendizaje con el uso del informe de prácticas frente a otras opciones como los test o cuestionarios de preguntas. La opción mayoritaria que los alumnos utilizaron para acceder a las herramientas TICs fue el ordenador personal (41%), seguido de una combinación de ordenador y *smartphone* (23%).

4. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, se desprende que el proceso de enseñanza-aprendizaje elegido para las prácticas de Química Marina es mayoritariamente considerado positivo por los estudiantes y que han alcanzado una alfabetización en información digital mayor, con una mejora en su percepción sobre el grado de aprovechamiento del aprendizaje en la asignatura. El acceso inmediato a la información digitalizada, su almacenamiento en la nube, la trazabilidad del aprendizaje y la flexibilidad para planificar el estudio según las necesidades del alumno han sido los elementos más valorados por los estudiantes y, también, por los profesores.

REFERENCIAS

- [1] Hofstein, Avi and Mamlok-Naaman, Rachel. "The laboratory in science education: The state of the art". Chem. Educ. Res. Pract. (2007).
- [2] Crawford G. L. and K. D. Kloepper, "Exit Interviews: Laboratory Assessment Incorporating Written and Oral Communication" J. Chem. Educ., vol. 96, no. 5, pp. 880–887, May (2019).
- [3] Grinias J. P., "Making a Game Out of It: Using Web-Based Competitive Quizzes for Quantitative Analysis Content Review", J. Chem. Educ., vol. 94, no. 9, pp. 1363–1366, Sep. (2017).
- [4] Teo T. W., K. C. D. Tan, Y. K. Yan, Y. C. Teo, and L. W. Yeo, "How flip teaching supports undergraduate chemistry laboratory learning", Chem. Educ. Res. Pr., vol. 15, no. 4, pp. 550–567, Oct. (2014).
- [5] Lamichhane R. and A. Maltese, "Enhancing Students' Laboratory Experiences in Undergraduate Chemistry", in [Technology Integration in Chemistry Education and Research (TICER)], pp. 83–106. (2019).
- [6] Agustian H. Y. and M. K. Seery, "Reasserting the role of pre-laboratory activities in chemistry education: a proposed framework for their design", Chem. Educ. Res. Pract., vol. 18, no. 4, pp. 518–532, Oct. (2017).
- [7] Çeker F., Eser; Özdaml, "What 'Gamification' is and what it's not", Eur. J. Contemp. Educ., vol. 6, no. 2, pp. 221–228, (2017).
- [8] Van Dyke A. R. and J. Smith-Carpenter, "Bring Your Own Device: A Digital Notebook for Undergraduate Biochemistry Laboratory Using a Free, Cross-Platform Application", J. Chem. Educ., vol. 94, no. 5, pp. 656–661, May (2017).
- [9] Pence H. E., "Moving Chemical Education into the Cloud(s)", J. Chem. Educ., vol. 93, no. 12, pp. 1969–1971, Dec. (2016).
- [10] Weibel J. D., "Working toward a Paperless Undergraduate Physical Chemistry Teaching Laboratory", J. Chem. Educ., vol. 93, no. 4, pp. 781–784, Apr. (2016).
- [11] Dori Y. J., S. Rodrigues, and S. Schanze, "How to Promote Chemistry Learning Through the use of ICT", in [Teaching Chemistry – A Studybook], Rotterdam: SensePublishers, pp. 213–240. (2013).