



MEJORA DE LAS EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE: TRANSFORMACIÓN Y RETOS

TÍTULO: ¿Cómo evaluar a los estudiantes de 1º año de ingeniería durante las prácticas de laboratorio de química básica?

AUTOR:

Gallastegui, Gorka

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente, Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz

gorkajavier.gallastegui@ehu.eus

Santaolalla, Arrate

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente, Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz

arrate.santaolalla@ehu.eus

Gutierrez, Junkal

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente, Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa

juncal.gutierrez@ehu.eus

1. RESUMEN:

El objetivo de este trabajo se centra en el análisis del modelo de evaluación de las prácticas de laboratorio de la asignatura obligatoria Fundamentos Químicos de la Ingeniería, cursada por el alumnado de primero de diversos Grados en Ingeniería Industrial, en pro de una herramienta más objetiva que repercuta en la motivación del alumnado y permita mejorar el proceso de aprendizaje.

2. ABSTRACT:

The aim of this work focuses on the analysis of the evaluation model of the laboratory practicals related to the subject Chemical Principles of Engineering, a compulsory first-year course for students of Industrial Engineering specialties, so as to design a more objective tool able to impact positively on the motivation of the students, allowing them to improve their learning process.

3. PALABRAS CLAVE: 4-6

Herramientas de evaluación, Educación en Química, Alumnado de primer año de ingeniería, Laboratorio de química general, Trabajo de laboratorio en educación superior



MEJORA DE LAS EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE: TRANSFORMACIÓN Y RETOS

4. KEYWORDS: 4-6

Assessment tools, Chemistry education, First-year engineering undergraduates, General chemistry lab, Higher education laboratory work

5. DESARROLLO:

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de laboratorio es una parte fundamental de la enseñanza de la Química en el caso del alumnado de primer año de ingeniería ya que permite experimentar y ejercitar los conocimientos adquiridos mediante las clases magistrales, las prácticas de aula y el trabajo personal. A través del manejo de las técnicas experimentales básicas empleadas en un laboratorio químico y la adquisición de habilidades propias del trabajo de laboratorio, el alumnado logra adquirir resultados de aprendizaje elementales como la comprensión sobre la naturaleza de la ciencia, esto es, sobre los procedimientos elaborados por la ciencia para construir modelos y teorías que permitan interpretar los hechos.

Sin embargo, muchas veces, el alumnado intenta completar los procedimientos de laboratorio lo más rápido posible, cumpliendo con los requisitos mínimos exigidos para aprobar el curso, especialmente cuando saben que no reciben la valoración “justa” por sus esfuerzos. Ello es debido a que la evaluación del aprendizaje es uno de los procesos educativos con una percepción más negativa por parte del alumnado, tal y como se recoge en el estudio llevado a cabo por Sambell y col. (1997), y que se resume en la siguiente afirmación: «You shallow learn for an exam, but you don't know the stuff. It's poor learning which you quickly forget.»

Tradicionalmente, los métodos de calificación más recurrentes a la hora de evaluar el trabajo de laboratorio han consistido en el seguimiento del cuaderno de laboratorio — documento donde se anotan las experiencias realizadas y que debe contener la información necesaria para que cualquier otra persona sea capaz de reproducir el experimento sin ninguna indicación externa, incluyendo los pasos dados, los hechos observados y las conclusiones que se derivan de todo ello — y la redacción de informes de laboratorio o el completamiento de hojas de ejercicios, herramientas que no exigen una comprensión conceptual elevada por parte del alumnado, especialmente si se rellenan como formularios donde el objetivo es que no queden espacios en blanco (Wimpfheimer, 2004).

Crawford y Kloepper (2019) observaron que, pese a solicitar al alumnado una lectura previa del guion y que efectuaran los cálculos preparatorios antes de la sesión laboratorio, una gran parte no supo concretar el objetivo del trabajo que debía realizar en el laboratorio. Con el propósito de mejorar las habilidades de comunicación informal y optimizar la comprensión del alumnado en relación a las tareas de laboratorio, estos autores diseñaron e implementaron una «exit interview» o entrevista de salida, una herramienta de evaluación que combinaba la



MEJORA DE LAS EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE: TRANSFORMACIÓN Y RETOS

reflexión escrita y oral. De este modo, mediante una entrevista de 3 a 5 min tras finalizar la sesión de laboratorio, el alumnado respondía diversas preguntas entre las que siempre se incluían 2 cuestiones relativas a la actividad específica de laboratorio ejecutada durante ese día.

Teniendo en cuenta la necesidad de motivar al alumnado para mejorar su proceso de aprendizaje y nivel comprensión, este estudio analizó la sustitución de la calificación del cuaderno de laboratorio — donde el alumnado se enfoca principalmente en copiar las instrucciones proporcionadas por el profesorado en el manual o guion de laboratorio, independientemente de los errores “catastróficos” o hallazgos satisfactorios realizados por ellos mismos durante las sesiones prácticas — por una prueba de opción múltiple completada individualmente al final de cada sesión de laboratorio.

2. AMBITO DE AMPLICACIÓN Y OBJETIVO

El desarrollo de este estudio llevó a cabo en el marco de la asignatura Fundamentos Químicos de la Ingeniería, materia obligatoria de 9 créditos ECTS perteneciente al módulo «Formación Básica», que se imparte en la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz (EIVG), facultad adscrita a la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), en el primer curso de los Grados en Ingeniería Industrial (Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química Industrial).

Tal y como se indica en la [guía docente de la asignatura](#), el 17% del tiempo lectivo (1.5 créditos ECTS) se destina a la realización de prácticas de laboratorio. A lo largo del 2º cuatrimestre, cada estudiante completa 5 prácticas en sesiones de 3 h. Para aprobar la asignatura es necesario obtener una calificación de ≥ 4 sobre 10 en este apartado — esta nota supone el 20 % del total de la asignatura — y, para ello, cada estudiante debe realizar obligatoriamente 4 tareas:

- Entregar un cuestionario previo a la sesión práctica, en el cuál se deben responder varias cuestiones relacionadas con la práctica (15% de la calificación de las prácticas).
- Realizar la práctica, manteniendo una actitud proactiva y dinámica, siguiendo en todo momento las normas de seguridad y la correcta gestión de los residuos generados (25%).
- Entregar en el plazo de 1 semana desde la finalización de la práctica, un cuestionario final en el que se recogen los resultados obtenidos y las principales conclusiones extraídas tras el desarrollo de la práctica (35%).
- La última tarea (25%) corresponde a la entrega del cuaderno de laboratorio o la realización de un test individual relacionado con el contenido de la práctica que debe responderse al finalizar la sesión práctica y antes de abandonar el laboratorio.



MEJORA DE LAS EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE: TRANSFORMACIÓN Y RETOS

La parte experimental del trabajo de laboratorio se realiza por parejas pero todas las entregas (cuestionario previo, cuestionario final y cuaderno o test) son de carácter individual para que reflejen realmente los conocimientos adquiridos por cada estudiante.

El objetivo del trabajo desarrollado compara los resultados obtenidos empleando la metodología de trabajo tradicional en la que el alumnado completa el cuaderno de laboratorio con los logrados realizando una prueba tipo test individual. Concretamente, se comparan los resultados obtenidos durante el curso 2017-18 por 100 alumnos y alumnas evaluados de forma tradicional y aquellos registrados por 120 estudiantes durante el curso 2021-22 utilizando los cuestionarios múltiples post-práctica.

3. DESARROLLO

Se diseñaron un total de 5 cuestionarios, 1 por cada práctica realizada. La prueba de opción múltiple con 4 posibles respuestas, consta de 10 preguntas específicas de cada práctica subdivididas en 3 categorías:

- **Tipo 1:** preguntas relacionadas con los detalles del procedimiento y los materiales o equipos utilizados (4 o 5 preguntas)
- **Tipo 2:** conceptos teóricos demostrados a lo largo de las sesiones de laboratorio (3 o 4 cuestiones)
- **Tipo 3:** preguntas sobre la gestión de los residuos químicos peligrosos generados y las normas de seguridad en el laboratorio (1 o 2 preguntas).

La evaluación de la prueba múltiple se califica del siguiente modo. Cada respuesta correcta suma 1.0 punto, la respuesta incorrecta resta 0.5 puntos y las respuestas en blanco no puntúan. En caso de obtener una nota negativa (suceso más habitual de lo que le gustaría a los autores del presente estudio), se califica el test con un cero.

Para poder comparar los resultados obtenidos con las calificaciones obtenidas en el cuaderno de laboratorio, en la Tabla 1 se muestra la rúbrica relativa a la evaluación del cuaderno de laboratorio. En ella se recogen los 6 principales apartados que deben completarse antes, durante y tras finalizar el trabajo experimental (objetivo, cálculos previos, materiales y reactivos, procedimiento experimental, observaciones y resultados).

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados de los cuestionarios múltiples post-práctica revelan que un número no despreciable de estudiantes siguió los guiones de laboratorio o “recetas” (como llegaban a definirlos) facilitadas por el profesorado sin pensamiento crítico. Estos alumnos completaban



MEJORA DE LAS EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE: TRANSFORMACIÓN Y RETOS

todos los pasos reflejados en el guion, pero sin llegar a comprender el objetivo para el cual estaban llevando a cabo todo el proceso experimental, siendo éste el pilar fundamental de la práctica. Parte del alumnado resta importancia a los conocimientos adquiridos durante y gracias a las prácticas de laboratorio y únicamente visualizan las sesiones como requisito obligatorio para aprobar la asignatura entendiendo que con su mera asistencia es suficiente.

Los resultados de los test confirman la reflexión anterior. Pese a que en general los resultados no son positivos, la categoría de preguntas que más respuestas correctas acumuló fue la 1 con un 57.1% de respuestas correctas. Estas preguntas están relacionadas directamente con la ejecución realizada en el laboratorio y como el test se realiza al finalizar la sesión todavía esos protocolos son recientes y parte del alumnado es capaz de contestar correctamente. La cantidad de respuestas correctas disminuye para las preguntas de la segunda categoría, 42.9% de respuestas correctas. Para poder responder a estas preguntas es necesario haber comprendido los resultados experimentales y haberlos enlazado con conceptos químicos teóricos. Los resultados de las preguntas asociadas a la 3ª categoría son muy similares a los obtenidos en las cuestiones del Tipo 2 (46.7% de respuestas correctas). En este último caso, también se requiere de una reflexión y comprensión más profunda de la práctica ya que se recogen preguntas relativas a la clasificación del residuo químico generado o a los protocolos de seguridad. Pese que a la información relativa a estos dos aspectos aparece detallada en los guiones de prácticas suministrados por el profesorado, una mayoría del alumnado no le da importancia que merece y ni si quiera es capaz de identificar la naturaleza del residuo generado al desconocer el objeto de la práctica.

Analizando las calificaciones medias de los test de las 5 prácticas de laboratorio se observó que la nota media estaba lejos del aprobado, 3 ± 1.7 práctica 1, 3.9 ± 2.4 práctica 2, 3.7 ± 1.7 práctica 3, 2.9 ± 2.1 práctica 4 y 3.4 ± 2.1 práctica 5. Estos resultados se muestran en contraposición con la conclusión sugerida a partir de los datos disponibles sobre la evaluación del cuaderno de laboratorio, donde obtuvieron una puntuación media significativamente superior, 7.5 ± 0.9 sobre 10.

La disparidad en los resultados obtenidos mediante ambas herramientas de evaluación revela la necesidad de sustituir, o al menos complementar, al “clásico y centenario” cuaderno de prácticas (descripción muy acertada empleada por uno de los revisores del comité evaluador del presente trabajo), que puede servir como instrumento para aprender a reflejar el trabajo desarrollado y los resultados obtenidos de forma ordenada, pero naufraga como solución para medir la adquisición de conocimientos por parte del alumnado. Por otro lado, al tratarse de prácticas de laboratorio que se realizan mayoritariamente en parejas, los test de prácticas pueden ser una buena herramienta para validar la autoría del trabajo experimental completado a lo largo de las sesiones experimentales.

En este contexto, queda patente que el profesorado responsable de las prácticas de laboratorio de química debe enfocarse en lograr una mayor implicación previa a cada sesión



MEJORA DE LAS EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE: TRANSFORMACIÓN Y RETOS

práctica del alumnado y en una adquisición efectiva del conocimiento, probablemente a través de la incorporación de herramientas de evaluación alternativas, como pueden ser los videos generados por ellos (Gallardo-Williams y col., 2020) o la elaboración de posters científicos que posteriormente son evaluados a través de la revisión por pares («peer review») por los otros estudiantes.



MEJORA DE LAS EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE: TRANSFORMACIÓN Y RETOS

5.1. FIGURA O IMAGEN 1

Tabla 1. Rúbrica para la evaluación del cuaderno de laboratorio.

Apartado	Porcentaje sobre la máxima nota de cada apartado		Nota final	
	0	50		100
Objetivo	No se recoge	-	Correcto	0.5
Cálculos previos	No se realizan	Se realizan parcialmente (o se incluyen errores de cálculo)		1.0
Material y reactivos	No se recoge	Se realiza parcialmente (no se incluyen muchos de los materiales y/o reactivos)		1.0
Procedimiento experimental	Descripción vaga, sin orden ni claridad. Copia aproximada del guion de prácticas	No se incluyen todos los pasos necesarios para poder repetir la práctica		3.0
Observaciones	No se hacen observaciones de los experimentos. No incluye los fallos cometidos	Se hacen observaciones pero no se incluyen errores o viceversa		1.5
Resultados	No se indican	Se indican parcialmente (sin hacer referencia al experimento o sin añadir las unidades de medida)		3.0



MEJORA DE LAS EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE: TRANSFORMACIÓN Y RETOS

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Crawford, G. L. & Kloepper, K. D. (2019). Exit interviews: laboratory assessment incorporating written and oral communication. *Journal of Chemical Education*, 96, 880–887. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00950>

Gallardo-Williams, M., Morsch, L. A., Payec, C. & Seery, M. K. (2020). Student-generated video in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 488–495. <https://doi.org/10.1039/C9RP00182D>

Sambell, K., McDowell, L. y Brown, S. (1997). “But is it fair?”: An exploratory study of student perceptions of the consequential validity of assessment. *Studies in Educational Evaluation*, 23, 349–371. [https://doi.org/10.1016/S0191-491X\(97\)86215-3](https://doi.org/10.1016/S0191-491X(97)86215-3)

Wimpfheimer, T. (2004). Peer-Evaluated poster sessions: an alternative method to grading general chemistry laboratory work. *Journal of Chemical Education*, 81, 1775. <https://doi.org/10.1021/ed081p1775>