

EVALUACIÓN DE ASIGNATURAS DE LABORATORIO (EXPERIMENTACIÓN)

A.Eduardo PALOMARES¹, M.Teresa MONTAÑÉS², M.José MUÑOZ-PORTERO³

Departamento de Ingeniería Química y Nuclear^{1,2,3}

Universidad Politécnica de Valencia^{1,2,3}

Resumen

La evaluación de asignaturas exclusivamente de laboratorio, es algo complejo que requiere del empleo de varias metodologías para lograr una valoración completa de los conocimientos, aptitudes y habilidades que ha desarrollado el alumno durante el curso académico. En este trabajo discutimos y mostramos los resultados obtenidos aplicando diversas metodologías de evaluación: evaluación de informes, evaluación de pruebas escritas y evaluación personalizada de un ejercicio práctico en el laboratorio. Los resultados muestran que para evaluar adecuadamente el trabajo de cada alumno, no es suficiente con entregar un informe de prácticas, sino que es necesario añadir un examen individual. Este examen puede ser escrito o práctico; parece que los resultados no difieren mucho entre uno u otro, pero consideramos que mientras sea posible (grupos poco numerosos) es mejor contar con los resultados de las tres pruebas. Todas estas pruebas proporcionan datos sobre sus aptitudes, capacidades, conocimientos y habilidades, pero unas inciden más que otras en cada uno de estos aspectos; así, los informes proporcionan una amplia información sobre las aptitudes y capacidades del alumno, el examen escrito sobre sus conocimientos y el práctico sobre sus habilidades.

Palabras Clave: *Evaluación, laboratorio, experimentación.*

1. Introducción

La evaluación de una asignatura tiene como misión cuantificar la relación entre los objetivos marcados inicialmente y los resultados alcanzados. Así, la evaluación constituye un factor de gran importancia, ya que proporciona al alumno información sobre sus progresos y al profesor le permite conocer la eficacia del marco docente en que se han desarrollado, al mismo tiempo, sirve para comprobar que el alumno ha adquirido los conocimientos y habilidades suficientes sobre las materias que ha estudiado. Por tanto, debe ser considerada como una realimentación del método docente, sin olvidar nunca que aún siendo una fase indispensable del proceso educativo, no es el objetivo principal del proceso, sino el elemento que permite el control del mismo.

Una característica típica de la evaluación educativa es la necesidad de obtener información de los aprendizajes de los alumnos de una forma no ocasional, ni por azar, sino sistemática. Para lograr este requisito, el profesor necesita de ciertos medios, instrumentos o pruebas en los que se solicita al alumno que nos demuestre su grado de aprendizaje a través de una serie de actividades. La evaluación puede llevarse a cabo a través de pruebas orales, pruebas escritas, pruebas prácticas o bien a través de la observación directa y sistemática del comportamiento del alumno en determinadas actividades o, de un modo indirecto, a través de los productos elaborados y el análisis de los trabajos realizados.

La evaluación de asignaturas que se desarrollan exclusivamente en el laboratorio es algo complejo que requiere del empleo de varias metodologías que permitan la completa valoración de los conocimientos, capacidades, aptitudes y habilidades que ha desarrollado el alumno durante el curso académico. Este tipo de asignaturas son un elemento indispensable en el aprendizaje de cualquier disciplina experimental y constituyen el medio a través del cual el alumno relaciona y aplica los conceptos desarrollados en las clases de teoría y problemas con los procesos reales; además, introducen al alumno en la metodología del trabajo experimental y del trabajo en equipo.

El presente trabajo pretende analizar los resultados de la evaluación de los alumnos que en los últimos 10 años han cursado la asignatura *Experimentación en Química* de la titulación de Ingeniería Química. En este periodo se han aplicado diversas metodologías de evaluación y en el trabajo se discuten los resultados obtenidos con cada una de ellas.

2. Metodología de evaluación

2.1 Antecedentes

La asignatura Experimentación en Química se imparte en el 2º curso de la titulación de Ingeniería Química en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Valencia. Se trata de una asignatura de tipo troncal de carácter anual y consta de 9 créditos, todos ellos de prácticas de laboratorio. La asignatura está impartida por dos departamentos: el Departamento de Química (3 créditos) y el Departamento de Ingeniería Química y Nuclear (6 créditos). El presente trabajo se centra en la parte de la asignatura que depende del Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, la cual se imparte en el segundo cuatrimestre del curso académico. Esta asignatura está concebida para la aplicación práctica en el laboratorio de las asignaturas Química Orgánica, Química Analítica y Química Inorgánica. Su objetivo es que el alumno sepa desenvolverse con facilidad en un laboratorio químico; sepa manipular el material y los aparatos habituales en este tipo de laboratorios; sepa aplicar diferentes técnicas de análisis a la resolución de problemas que se le puedan plantear en su vida profesional; sepa realizar a escala de laboratorio algunos de los procesos de la industria química y sepa elaborar informes con los resultados obtenidos.

Tradicionalmente, los contenidos de estas asignaturas experimentales solían formar parte de otras asignaturas de índole fundamentalmente teórica, en las cuales la evaluación del trabajo en el laboratorio no acostumbraba a considerarse como demasiado importante. Sin embargo, en 1997, con el nuevo plan de estudios, las asignaturas de experimentación pasan a ser asignaturas independientes en pie de igualdad con las asignaturas teóricas; por ello, su correcta evaluación pasa a ser algo muy importante, pues influirá de manera decisiva en el currículum final del alumno.

La obligatoriedad de realizar el control del aprendizaje es pues evidente, pero no lo es la forma de efectuarlo. Un tipo de evaluación muy recomendable es la evaluación continua, especialmente con grupos poco numerosos en los que el diálogo entre el profesor y el alumno es más estrecho. En este caso, el trabajo de cada alumno se puede juzgar individualmente mediante la asignación periódica de ejercicios a resolver fuera o dentro de la propia clase. El otro tipo de evaluación, más frecuente con grupos más numerosos, es la evaluación con un examen escrito al final del curso.

A priori las asignaturas de experimentación son un tipo de asignaturas en las que fácilmente se podría llevar a cabo una evaluación continua, por ejemplo, evaluando y puntuando semanalmente los informes presentados por los alumnos tras realizar cada práctica. Estos informes deben presentar una estructura similar a la mostrada en la Tabla 1. Esta metodología fue la inicialmente planteada para evaluar esta asignatura, devolviendo cada semana las prácticas corregidas a los alumnos para que vieran los fallos cometidos y mejorasen a lo largo del curso los resultados obtenidos. Sin embargo, pronto se observó que esta herramienta presentaba dos puntos débiles muy importantes:

1. Los informes eran realizados individualmente por cada uno de los miembros del grupo, sin haber una discusión conjunta, ni puesta en común de los resultados.
2. Debido al coste y la complejidad de los equipos utilizados es imposible cambiar las prácticas cada curso. Esto hace que a medida que pasan los años, los alumnos dispongan de un "banco de datos" de memorias de prácticas en el que se basan para presentar sus informes, lo cual desvirtúa este tipo de evaluación, ya que impide evaluar correctamente su capacidad de aprendizaje.

Por ello, se decidió completar la evaluación con un examen escrito al final del curso. Este examen consistente en una serie de preguntas de teoría y problemas aplicados a los conceptos tratados en el laboratorio de prácticas, con una duración de unas 2 horas. Esto obliga a los alumnos a hacer una puesta en común de los resultados obtenidos y efectuar un análisis de los mismos. Este tipo de evaluación es un instrumento que permite comprobar cómo el alumno organiza, sintetiza y

expone los conocimientos adquiridos durante todas las sesiones de laboratorio. Además, este tipo de evaluación presenta la ventaja de dejar constancia escrita de las respuestas del alumno, con lo que puede revisarse tantas veces como haga falta. Finalmente, es un proceso objetivo en el que todos los alumnos realizan el mismo examen.

Sin embargo, consideramos que aunque con todo esto evaluamos correctamente los conocimientos, capacidades y aptitudes del alumno, no estamos evaluando adecuadamente sus habilidades, ya que los objetivos relativos a habilidades y destrezas sólo pueden ser evaluados a través de pruebas prácticas y mediante la observación de los procesos, de los resultados y de los productos acabados. El desarrollo de habilidades en el laboratorio es una parte fundamental de esta asignatura, por lo que su evaluación debe ser una parte importante de la nota final de la misma.

Tabla 1 Estructura de los informes de prácticas

1. Objetivos.
2. Material y reactivos, indicando los símbolos de peligrosidad, los riesgos específicos (frases R) y los consejos de prudencia (frases S).
3. Resumen del método experimental.
4. Cálculos numéricos y presentación de resultados.
5. Interpretación de los resultados experimentales obtenidos.
6. Gestión de los residuos generados en el laboratorio.

2.2 Nueva propuesta de evaluación

Debido a lo expuesto anteriormente, para tener una evaluación más compleja del alumno, en el curso 2003/04 se introdujo, junto con las pruebas ya descritas, una nueva prueba de evaluación realizada a final de curso, que denominamos prueba práctica de laboratorio. En esta prueba el alumno debe hacer, individualmente, una parte de alguna práctica que previamente hubiera hecho con su compañero; así mismo, el alumno debe entregar los cálculos básicos necesarios para obtener el resultado final de la práctica, como podría ser determinar un rendimiento o una concentración. La duración de este examen escrito es de aproximadamente una hora. En la Tabla 2 se muestra, a modo de ejemplo, la prueba práctica de laboratorio planteada en el curso 2006/07 consistente en una valoración ácido-base.

Tabla 2 Ejemplo de enunciado del examen práctico

Problema	Determinese el factor de corrección de una disolución de HCl~0,1N. Para ello, se dispone de una masa de Na ₂ CO ₃ ya pesada; esta masa se diluirá en agua destilada para poder tomar la cuarta parte de la misma y llevar a cabo la valoración con ayuda del indicador correspondiente.
Cuestiones	a) Escribese la reacción de valoración. b) Calcúlese el factor de corrección de la disolución de HCl.

Para evaluar la prueba práctica de laboratorio, el evaluador observa cómo el alumno realiza la prueba y no sólo valora el resultado final de la práctica y la respuesta a las cuestiones, sino que

evalúa las habilidades del alumno en el laboratorio. Para ello, el evaluador dispone de una guía en la que aparecen aspectos básicos a considerar en cualquier práctica de laboratorio y que se han ido indicando al alumno durante las sesiones experimentales del curso. El alumno que ha desarrollado las habilidades necesarias en el laboratorio, respetará estos aspectos básicos y su control permitirá al profesor evaluar las habilidades adquiridas a lo largo del curso en el laboratorio y, de este modo, comprobar que el alumno ha alcanzado dos de los objetivos básicos de la asignatura: “que el alumno sepa desenvolverse con facilidad en un laboratorio químico” y que “sepa manipular el material y los aparatos habituales en este tipo de laboratorios”.

A modo de ejemplo, en la Tabla 3 se muestra la guía de aspectos a considerar en el examen práctico de laboratorio del curso 2006/07, los cuales hacen referencia a los siguientes ítems:

1. Uso correcto del material, como es el saber elegir entre un matraz aforado y un vaso de precipitados para preparar una disolución o entre una pipeta y una probeta para medir un volumen con exactitud.
2. Conocimiento del experimento que se está llevando a cabo, por ejemplo, escogiendo el indicador apropiado.
3. Manera adecuada de trabajar en el laboratorio.
4. Cuestiones relacionadas con temas de seguridad y con la correcta gestión desde un punto de vista medioambiental en el laboratorio, como es el saber si los residuos generados se pueden verter o no al desagüe.

Tabla 3 Ejemplo de aspectos a tener en cuenta por el examinador en el examen práctico

Nombre del alumno:	
Masa Na₂CO₃ (g):	
Aspectos a evaluar:	
Preparación de la dilución:	No usa matraz aforado, sino vaso de precipitados Mide en el matraz aforado el volumen total sólo con H ₂ O No agita el matraz aforado tras preparar la disolución
Toma de muestra:	No usa pipeta, sino probeta
No agita durante la valoración	
Indicador usado	
Se pasa del punto de equivalencia y no repite la valoración	
Tira los residuos por la pila	
No limpia bien el material	
Otras observaciones:	

3. Resultados y discusión

La Figura 1 muestra la puntuación obtenida por los alumnos en la convocatoria de junio desde el curso 1997/98 hasta el curso 2006/07 en las tres pruebas de evaluación utilizadas en la asignatura *Experimentación en Química*: informes, examen escrito y examen práctico de laboratorio. De esta última prueba sólo se dispone de datos a partir del curso 2003/04, que es cuando se introdujo en la evaluación de los alumnos. La puntuación de las pruebas se establece entre 0 y 10, y en la Figura 1 se ha representado su distribución, es decir, el porcentaje de alumnos que han obtenido un sobresaliente (nota ≥ 9), un notable ($7 \leq \text{nota} < 9$), un aprobado ($5 \leq \text{nota} < 7$), un suspenso (nota < 5) y también el porcentaje de alumnos que no se han presentado a las pruebas finales (examen escrito y examen práctico).

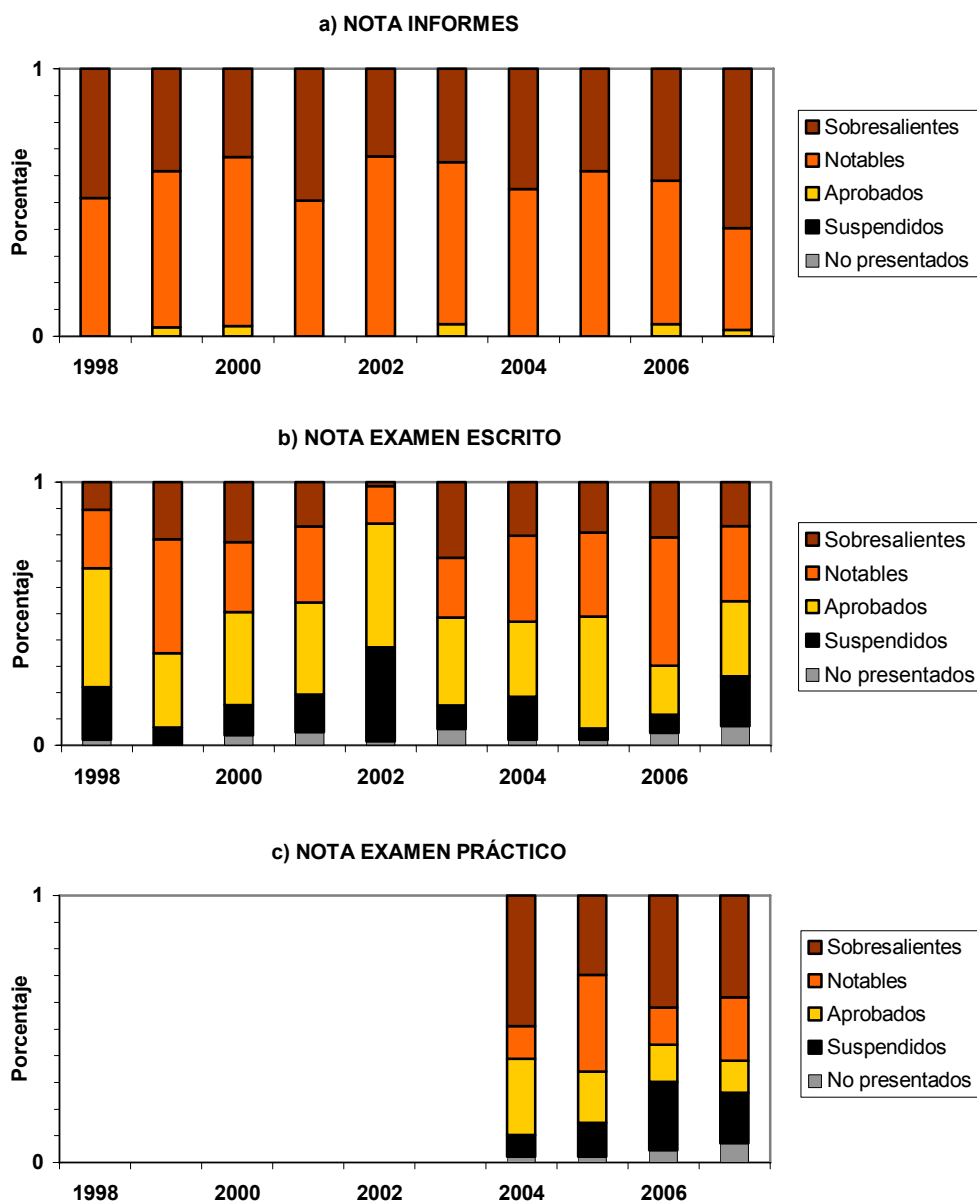


Fig. 1 Puntuación obtenida por los alumnos en las distintas pruebas de evaluación

Como puede verse en la Figura 1a, la nota de los informes es muy alta, ya que prácticamente todos los alumnos obtienen un sobresaliente o un notable, siendo la distribución entre ambas notas casi de un 50% en algunos años académicos. En ningún curso hay alumnos que suspenden los informes, ya que aunque de forma puntual pueden obtener una nota inferior a 5 en alguno de los informes presentados, la evaluación continua les permite aprender de sus propios errores para no volver a cometerlos en los informes posteriores. Por otro lado, tampoco se da el caso de alumnos que no presentan los informes, ya que su valor dentro de la nota final, tal como se indicará más adelante, es importante.

En la Figura 1b se observa que al aplicar el examen escrito se produce una mayor diversificación de las notas, ya que disminuye tanto el porcentaje de alumnos que obtiene un sobresaliente, como el de aquellos que obtienen un notable, apareciendo un mayor porcentaje de aprobados y llegando incluso a suspender algunos alumnos. Concretamente, como media el porcentaje de sobresalientes se reduce a un 18%, el de notables pasa a ser de un 30%, aparece un 34% de aprobados y un 14,5% de suspensos. Además, hay algunos alumnos que deciden no presentarse en junio a la prueba escrita, siendo el valor como media de un 3,5%.

La Figura 1c muestra que el examen práctico también da lugar a una diversificación de las notas, siendo en este caso la distribución la siguiente: una media de un 40% de sobresalientes, un 21,5% de notables, un 18% de aprobados, un 16,5% de suspensos y un 4% de no presentados. Si se comparan los resultados obtenidos en el examen escrito con los del examen práctico, se observa que éste último proporciona notas más extremas, ya que el porcentaje de sobresalientes es bastante superior y además, aumenta el de suspensos. Por tanto, el examen práctico realmente clarifica las habilidades de los alumnos, puesto que el alumno las ha adquirido o no, sin posibilidad de términos medios.

Por último, se pasa a analizar cómo influyen las distintas pruebas sobre la nota final del alumno. Para ello, en la Figura 2 se muestra la distribución de la puntuación final obtenida por los alumnos en la convocatoria de junio. Hasta el curso académico 2002/03, la contribución de cada prueba a la puntuación final era la siguiente: un 50% correspondía a la nota obtenida con los informes y el otro 50% a la nota obtenida en el examen escrito. Cuando en el curso 2003/04 se introdujo el examen práctico, la contribución de cada prueba a la nota final pasó a ser:

1. Informes: 50 % de nota final de la asignatura.
2. Examen escrito: 25 % de la nota final de la asignatura.
3. Examen práctico: 25 % de la nota final de la asignatura.

De este modo, se mantiene la importancia dada a la evaluación continua del alumno llevada a cabo a través de los informes presentados semanalmente. Y por otro lado, dentro de la prueba final efectuada al finalizar la asignatura, se dio el mismo peso a la parte escrita y a la parte práctica.

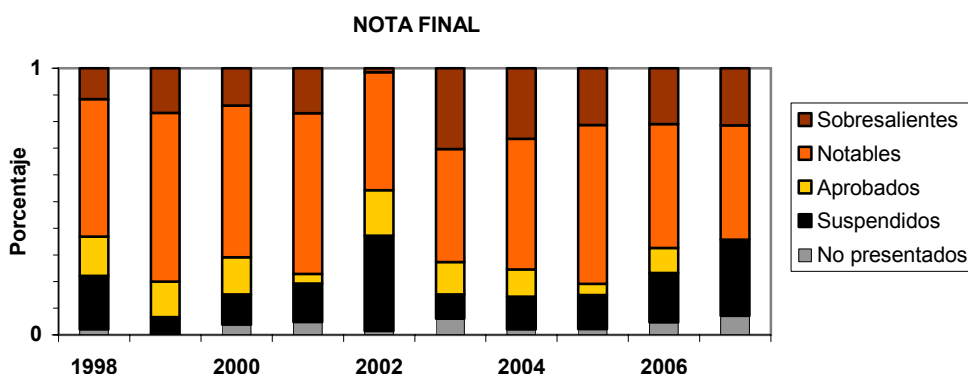


Fig. 2 Puntuación final obtenida por los alumnos

La Figura 2 muestra que antes de introducir el examen práctico en el curso 2003/04, la distribución de la nota final era la siguiente: un 15% de sobresalientes, un 53% de notables, un 13% de aprobados, un 16% de suspensos y un 3% de no presentados. Estos valores están expresados como la media de los distintos cursos académicos previos al 2003/04. Tras introducir dicha prueba práctica en la evaluación del alumno, la distribución de la nota final ha pasado a ser la siguiente: un 22,5% de sobresalientes, un 49,5% de notables, un 6% de aprobados, un 18% de suspensos y un 4% de no presentados, estando expresados estos valores como la media de los cursos posteriores al 2003/04, incluido éste.

Por tanto, a la vista de los resultados obtenidos, parece que la introducción del examen práctico en el curso 2003/04 no supone cambios destacables en la nota final del alumno. Quizás ha supuesto un ligero aumento del porcentaje de sobresalientes en detrimento del porcentaje de suspendidos, lo cual evidencia que, comparado con el examen escrito, el examen práctico proporciona notas más extremas que clarifican las habilidades de los alumnos, como ya se ha comentado previamente.

4. Conclusiones

De este estudio se puede concluir que para evaluar adecuadamente el trabajo de cada alumno, no es suficiente con entregar un informe de prácticas, sino que es necesario añadir un examen individual. Este examen puede ser escrito o práctico; parece que los resultados no difieren tanto entre uno u otro, pero consideramos que mientras sea posible (grupos poco numerosos) es mejor contar con los resultados de las tres pruebas (informes, examen escrito y examen práctico). Todas las pruebas proporcionan datos sobre sus aptitudes, capacidades, conocimientos y habilidades, pero unas inciden más que otras en cada uno de estos aspectos; así, los informes proporcionan una amplia información sobre las aptitudes y capacidades del alumno, el examen escrito sobre sus conocimientos y el práctico sobre sus habilidades.

5. Referencias

- [1] PEREZ-JUSTE, R. *Medición en educación*. Madrid: UNED 1985.
- [2] GARCIA-RAMOS, J.M. *Bases pedagógicas de la evaluación*. Madrid: Síntesis, 1989.
- [3] CONTRERAS E. *El profesor universitario y la evaluación de los alumnos*. Madrid: ICE de la Universidad Politécnica de Madrid, 1990.