

# Objetivos y Resultados de Aprendizaje para el Laboratorio Integrado de Química en el Grado de Biotecnología por la Universidad de Cádiz

J.M. Rodríguez-Izquierdo<sup>(a)</sup>, M. Jiménez Tenorio<sup>(a)</sup>, J.J. Delgado<sup>(a)</sup>, L. Cubillana<sup>(b)</sup>, G. Fernández<sup>(b)</sup>, E. Espada<sup>(b)</sup>, J.A. Álvarez<sup>(c)</sup>, M.D. de los Santos<sup>(c)</sup>, J. Sanchez Márquez<sup>(c)</sup>, J. Ayuso<sup>(c)</sup> y M.A. Máñez<sup>(a)</sup>

Facultad de Ciencias. Universidad de Cádiz. Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica (a), Departamento de Química Analítica (b) y Departamento de Química Física (c).

[josemaria.izquierdo@uca.es](mailto:josemaria.izquierdo@uca.es)

**RESUMEN:** En la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz tienen una larga tradición las asignaturas de laboratorio impartidas de forma compartida por las áreas de conocimiento de Química. El nuevo Grado en Biotecnología, iniciado en el curso 2012-2013, incluye en el segundo semestre una asignatura de laboratorio con esa característica. Para su puesta en marcha se ha aprovechado la experiencia acumulada en el Centro y sus Departamentos, así como una parte de los materiales disponibles, a la vez que se ha abordado una reflexión compartida por el equipo docente para introducir y ensayar nuevos elementos y enfoques adaptados a esta nueva asignatura.

Como aspectos a destacar señalamos el análisis de los objetivos de la asignatura, y la identificación de los resultados de aprendizaje así como el diseño de los procedimientos e instrumentos de evaluación adecuados para evidenciar que se han alcanzado dichos resultados.

**PALABRAS CLAVE:** Proyecto, Innovación, Mejora, Docente, Campus Virtual, Evaluación de Competencias, Resultados de Aprendizaje, Laboratorio de Química, Seguridad y Salud, Coordinación, Estudiantes, Profesores, Personal Técnico de Laboratorio, Grado en Biotecnología, Prácticas.

## INTRODUCCIÓN

El inicio de una nueva asignatura en una nueva titulación supone siempre una oportunidad para la reflexión y para la puesta en práctica de nuevas ideas a partir de las experiencias previas del centro, de los departamentos y de los componentes del equipo docente de la asignatura. Este es el caso de la asignatura de "Laboratorio Integrado de Química" en el Grado en Biotecnología por la Universidad de Cádiz. A lo anterior se añadió la puesta en uso de un nuevo laboratorio docente como resultado de la ampliación de la Facultad de Ciencias. Todas estas circunstancias animaron a solicitar un proyecto en la convocatoria realizada desde la Unidad de Innovación Docente de la Universidad de Cádiz.

Otros elementos de contexto que se consideran significativos en el proyecto son los siguientes:

- La asignatura cuenta con 51 matriculados, que fue necesario estructurar en dos grupos. Se sitúa en el segundo cuatrimestre, tras la impartición de la asignatura Química I en la que se revisan conceptos básicos en química, y en paralelo con Química II.
- El equipo docente ha estado constituido por 8 profesores de 3 áreas de conocimiento y departamentos diferentes, a los que se han sumado tres docentes con experiencia en asignaturas similares en otros grados.
- Las prácticas se han realizado individualmente por los estudiantes. En dos sesiones previas a las dos pruebas prácticas de evaluación han podido trabajar por parejas. Cada sesión ha estado atendida por dos profesores de dos áreas de conocimiento diferentes.
- La programación de las prácticas se ha concentrado en cinco semanas a lo largo del curso. En cada una de ellas los estudiantes han realizado tres sesiones de cuatro horas.

Cada sesión se ha iniciado con un contacto entre profesor y alumnos y con una prueba para evidenciar que los alumnos llegaban al laboratorio tras haber leído y conocer los elementos principales de la práctica a realizar y los conceptos químicos en los que se apoyaba dicha práctica.

- Se ha adoptado un modelo de evaluación continua, valorando las pruebas de conocimientos previos, los informes y memorias presentados tras cada práctica, los conocimientos y habilidades demostrados en dos pruebas prácticas, una a mitad de la asignatura y otra al final, los resultados de una prueba final global de tipo test, y la evaluación de los cuadernos de laboratorio en los que los estudiantes han anotado los datos y las observaciones experimentales de las sesiones prácticas.

Otros detalles sobre la asignatura pueden encontrarse en su guía docente, a la que puede accederse desde <http://bit.ly/OQHMYn>.

En la bibliografía se encuentran publicaciones que profundizan en el análisis de los posibles planteamientos para una asignatura de laboratorio de química [1-4]. De ellas se deducen las fortalezas y debilidades de cada modelo. En nuestro caso hay una serie de límites impuestos por la planificación docente y los recursos disponibles.

Dentro de estos límites es oportuno destacar el esfuerzo que se ha realizado para definir los objetivos de aprendizaje y el modo de concretarlos en resultados de aprendizaje a acreditar por el estudiante mediante la evaluación. Esta visión [5, 6] contribuye a racionalizar el proceso de aprendizaje, y a identificar mejor en qué medida se alcanzan diferentes categorías del conocimiento: Conocer, Comprender, Aplicar, Analizar, Sintetizar y Evaluar. Se encuentran numerosos ejemplos de cómo con este planteamiento se logra enfocar mejor el proceso formativo, bien sea de una titulación en su

conjunto [7], o como en este caso de una asignatura en el contexto de una titulación.

## PLANTEAMIENTO DE LA ASIGNATURA Y ELEMENTOS DE INNOVACIÓN

### Aspectos Organizativos

**Coordinación del Equipo Docente.-** El decanato ha designado al coordinador de la asignatura (J.M. Rodríguez-Izquierdo) y los departamentos implicados han designado coordinadores por cada área (L. Cubillana y J.A. Álvarez) junto con los profesores para impartir la asignatura. Desde la coordinación se han incorporado al proyecto otros profesores con experiencia de varios años en asignaturas de laboratorio integrado similares.

La asignatura se ha ido definiendo en sus contenidos y organización mediante reuniones y contactos entre los coordinadores y con todo el equipo. Se ha combinado la comunicación por correo electrónico con las reuniones presenciales. Se han realizado dos reuniones con el equipo docente completo para garantizar la participación de todos y ratificar las decisiones.

El equipo docente ha seguido en contacto permanente para ir dándole forma a las pruebas de evaluación y las pautas e instrumentos de apoyo a la evaluación. Se ha mantenido una reunión presencial final para fijar las calificaciones y comentar el balance de la asignatura.

**Coordinación con los Técnicos de Laboratorio.-** Se han realizado dos reuniones con el personal técnico de laboratorios y se ha elaborado con ellos una agenda detallada y un protocolo para el montaje y desmontaje de las prácticas.

**Puesta en marcha del laboratorio concertadamente con el Servicio de Prevención de la UCA.-** Desde la coordinación se ha trabajado con este servicio para dotar al nuevo laboratorio de los elementos de seguridad y de señalización indispensables. Dicha señalización se ha diseñado y planificado por J.J. Delgado. En la actualidad está en consideración su extensión al resto de laboratorios docentes del nuevo edificio de la Facultad de Ciencias.



**Coordinación con los Estudiantes.-** Se ha presentado el equipo docente a todos los alumnos al inicio de la asignatura y

mediante campus virtual, donde están identificados los componentes del equipo y sus horarios de tutorías.



Se ha realizado una sesión de introducción a la asignatura en la que se han comunicado a los alumnos los objetivos de la asignatura, su organización y el esquema de evaluación continua a seguir, así como los materiales que ineludiblemente deben llevar al laboratorio para realizar la práctica: bata, calculadora, rotulador permanente,... La presentación está desde ese día accesible a los alumnos en campus virtual, y también está a disposición de todos los interesados en el repositorio institucional de la UCA RODIN, <http://hdl.handle.net/10498/14833>. La comunicación con los alumnos se ha reforzado también mediante el contacto personal y directo en las sesiones preparatorias y en las sesiones prácticas y mediante correo electrónico a través del campus virtual.

Para facilitar la comunicación entre estudiantes y profesores se han utilizado identificaciones con sus nombres que en todo momento han llevado puestas en el laboratorio.

**Contenidos de la presentación realizada a los alumnos para introducir la asignatura.-** Se muestran esquemáticamente en la figura que sigue.



### Aspectos Metodológicos Docentes

Se ha seleccionado un conjunto de prácticas de las que venían realizándose en laboratorios integrados de química de otras titulaciones adaptándolas a la asignatura tratando de tener en cuenta las características de esta titulación e incorporando dos nuevas: "síntesis de un fármaco: el paracetamol" y "extracción, separación e identificación de productos naturales en algas".

Se ha puesto énfasis en toda la asignatura en los aspectos relativos a seguridad y gestión de residuos en el laboratorio. Una de las sesiones de introducción a la asignatura, completada con actividades en forma de taller, se enfocó a este fin. La presentación realizada está accesible en el repositorio institucional, RODIN  
<http://hdl.handle.net/10498/14828>.

Se ha utilizado intensamente el Campus Virtual. Como canal para hacer llegar a los alumnos con antelación los manuales de prácticas, para la entrega de los ejercicios previos realizados antes de cada sesión práctica, y como vía para entregar y dejar ordenados los trabajos realizados por los estudiantes. El nivel de actividad del Campus Virtual se refleja en sus estadísticas de uso, que muestran registros muy superiores a los de otras asignaturas de contenido similar.

Alumnos	Accesos por Usuario	Mensajes	Tamaño del Curso (MBytes)
51	545	1.091	565.757

Se ha animado a los alumnos a introducir imágenes captadas con el móvil para ilustrar sus observaciones en los cuadernos, informes y memorias de prácticas, en determinados casos con resultados muy positivos.

Se han obtenido fotos de los alumnos en el laboratorio para ilustrar en los seminarios previos buenas y malas prácticas e indicar como corregirlas.



Se ha ilustrado con videos aportados por la profesora L. Cubillana, y puestos a disposición mediante el Campus Virtual, algunos procedimientos prácticos de entre los que deben seguir los estudiantes.

Tras una primera prueba práctica, y a la vista de los resultados obtenidos, se ha considerado la necesidad de poner énfasis en la forma correcta de realizar determinadas operaciones básicas: pesar, pipetear, enrasar,... Para ello se han introducido en campus virtual algunos textos ilustrados con imágenes sobre el modo correcto de realizar dichas operaciones.

En términos cualitativos, y como se indica más adelante en un apartado específico, el principal esfuerzo de innovación en la puesta en marcha de la asignatura se ha volcado en el ámbito de su evaluación, mediante la identificación de sus

objetivos de aprendizaje y la puesta en marcha de procedimientos de evaluación adaptados a los mismos.

## RESULTADOS ALCANZADOS

*Rendimientos académicos.* Los resultados finales alcanzados han sido muy satisfactorios. Excepto dos alumnos que no han seguido la asignatura los demás han participado activamente en las distintas actividades y han cumplido, con mínimas excepciones, con la entrega a tiempo de los informes y memorias. La calidad de los mismos en general ha sido notable. Las evidencias de la entrega, y los trabajos en sí, han quedado registrados y archivados en el campus virtual.

Los resultados tras la primera prueba mostraron deficiencias significativas, inesperadas para el equipo docente, de modo que 5 alumnos no alcanzaron el aprobado. En la lista de calificaciones de dicha prueba se informó a los estudiantes, caso por caso de los principales errores cometidos. Tras conocer estos resultados se observó un interés y afán de superación que hizo que, tras el segundo bloque de prácticas, en la segunda prueba de evaluación, se subsanaran en su mayor las deficiencias más graves detectadas en la primera.

Las calificaciones finales, en correspondencia con los objetivos superados, se resumen en el siguiente cuadro:

Calificaciones		%
Sobresaliente Matrícula de Honor	2	3,9
Sobresaliente	5	9,8
Notables	38	74,6
Aprobados	4	7,8
Suspensos	0	0
No Presentados	2	3,9

*Valoración por el profesorado.* Según una encuesta realizada entre profesorado los resultados alcanzados pueden considerarse igualmente positivos.

Valoración media por el Profesorado ( 1 a 5 )	
Satisfacción con la Asignatura	4,3
Éxito del Proyecto de Innovación	4,1

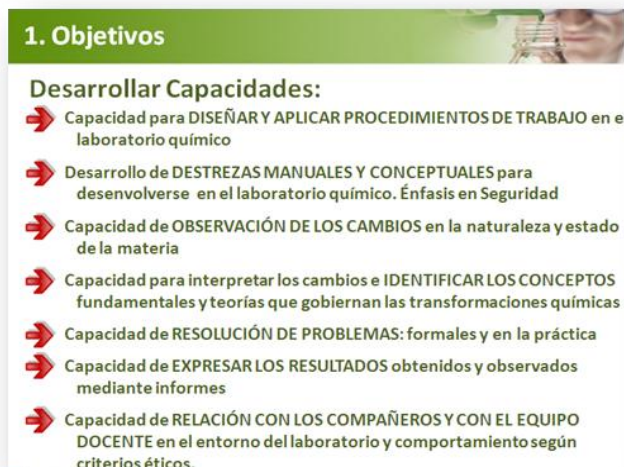
*Valoración por los estudiantes.* Desafortunadamente no se realizan encuestas de satisfacción de los alumnos para las asignaturas prácticas. Consideramos importante que la UCA encuentre el cauce para incorporar estas asignaturas al proceso de evaluación de satisfacción de los alumnos con la docencia recibida.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Y SU EVALUACIÓN

Si bien en otras asignaturas de laboratorio integrado, por ejemplo en el Grado en Química, se plantea como objetivo casi exclusivo el desarrollo de habilidades y destrezas propias del laboratorio químico así como el conocimiento de las operaciones básicas de laboratorio, en esta asignatura del Grado en Biotecnología consideramos que los objetivos deben enfocarse de un modo más amplio. La asignatura es en sí misma un elemento más de la materia "química", según se



consigna en el Plan de Estudios, sin que deba renunciarse a contribuir desde ella al conocimiento de los conceptos fundamentales de dicha materia, ni tampoco a lo que puede aportar por su singularidad a la formación integral del estudiante.

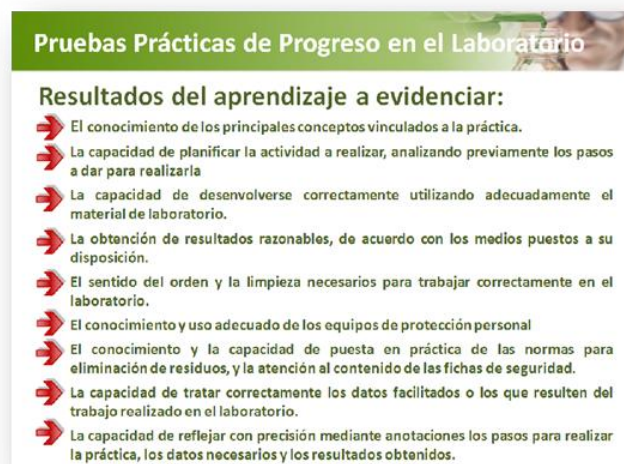


**1. Objetivos**

**Desarrollar Capacidades:**

- ➔ Capacidad para **DISEÑAR Y APLICAR PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO** en el laboratorio químico
- ➔ Desarrollo de **DESTREZAS MANUALES Y CONCEPTUALES** para desenvolverse en el laboratorio químico. Énfasis en Seguridad
- ➔ Capacidad de **OBSERVACIÓN DE LOS CAMBIOS** en la naturaleza y estado de la materia
- ➔ Capacidad para interpretar los cambios e **IDENTIFICAR LOS CONCEPTOS** fundamentales y teorías que gobiernan las transformaciones químicas
- ➔ Capacidad de **RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS**: formales y en la práctica
- ➔ Capacidad de **EXPRESAR LOS RESULTADOS** obtenidos y observados mediante informes
- ➔ Capacidad de **RELACIÓN CON LOS COMPAÑEROS Y CON EL EQUIPO DOCENTE** en el entorno del laboratorio y comportamiento según criterios éticos.

Este planteamiento se ha reflejado en el seminario de introducción de la asignatura impartido a los alumnos, y en el enunciado de los exámenes, en el que se indica explícitamente que la prueba tiene por objeto que el estudiante acredite los siguientes aspectos:



**Pruebas Prácticas de Progreso en el Laboratorio**

**Resultados del aprendizaje a evidenciar:**

- ➔ El conocimiento de los principales conceptos vinculados a la práctica.
- ➔ La capacidad de planificar la actividad a realizar, analizando previamente los pasos a dar para realizarla
- ➔ La capacidad de desenvolverse correctamente utilizando adecuadamente el material de laboratorio.
- ➔ La obtención de resultados razonables, de acuerdo con los medios puestos a su disposición.
- ➔ El sentido del orden y la limpieza necesarios para trabajar correctamente en el laboratorio.
- ➔ El conocimiento y uso adecuado de los equipos de protección personal
- ➔ El conocimiento y la capacidad de puesta en práctica de las normas para eliminación de residuos, y la atención al contenido de las fichas de seguridad.
- ➔ La capacidad de tratar correctamente los datos facilitados o los que resulten del trabajo realizado en el laboratorio.
- ➔ La capacidad de reflejar con precisión mediante anotaciones los pasos para realizar la práctica, los datos necesarios y los resultados obtenidos.

Los objetivos de aprendizaje se refuerzan dado que los alumnos disponen con antelación de un examen de prueba que incluye explícitamente estas indicaciones. Por otra parte se completan con la evaluación de las "Hojas de Resultados" y "Memorias de Prácticas", según el detalle que se describe en la ficha de la asignatura <http://bit.ly/OQHMYn>, y en la presentación de la asignatura accesible desde RODIN <http://hdl.handle.net/10498/14833>.

Para facilitar en la práctica el seguimiento de todos estos aspectos se han utilizado distintos instrumentos de evaluación, algunos de los cuales se incluyen en el fichero "Instrumentos de Evaluación para un Laboratorio Integrado de Química" accesible desde el repositorio institucional de la UCA RODIN <http://hdl.handle.net/10498/14843>. En estos documentos se sistematizan las observaciones en las que deben centrar la atención los profesores en las pruebas

prácticas de evaluación, se ofrecen formularios adecuados para anotar dichas observaciones y se aportan pautas para la evaluación de los cuadernos de laboratorio y las memorias elaboradas por los estudiantes.

## CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

Como conclusión general, se demuestra el interés y la efectividad de enfocar la asignatura partiendo de una definición de sus objetivos, e identificando los resultados de aprendizaje a alcanzar en correspondencia con dichos objetivos. La aproximación no es sencilla, pero se considera muy conveniente y efectiva.

Como propuestas de mejora formuladas por el equipo docente y sobre las que se trabaja para el curso próximo se relacionan las siguientes:

1. Mantener el equipo docente, valorando positivamente su diversidad al igual que su continuidad, pero evitando incrementar el número de Profesores para facilitar la mejor comunicación interna y la mayor coherencia de criterios pedagógicos.
2. Acercar criterios para unificar y dar la máxima coherencia posible a los mensajes que se trasladan a los estudiantes por los distintos profesores.
3. Elaborar nuevos materiales en formato de documentos, imágenes y videos orientados a ilustrar mejor como se realizan las operaciones básicas de laboratorio. Elaborar un catálogo en el que queden identificadas estas operaciones básicas con sus materiales ilustrativos.
4. Simplificar la evaluación manteniendo su carácter de evaluación continua; hacer uso de Campus Virtual para que los ejercicios previos se formulen como pruebas tipo test y se corrijan de forma inmediata, mejorando la retroalimentación para los estudiantes.
5. Reforzar la identificación de los conceptos químicos en las prácticas y su relación con los contenidos de las asignaturas Química I y Química II.
6. Revisar las prácticas corrigiendo los errores detectados y plantear posibles nuevas prácticas que puedan estar en mejor sintonía con los objetivos de aprendizaje, y que a la vez resulten bien valoradas por los alumnos por su conexión con conceptos químicos de interés en Biotecnología.
7. Profundizar en los modelos e instrumentos de evaluación orientados a la adquisición de competencias y a contrastar que se han alcanzado los resultados de aprendizaje deseados.
8. Parece también que puede ser más conveniente la nueva programación aprobada para el curso que viene que contempla la realización de una sesión práctica semanal, frente al esquema de concentrar todas las prácticas en cinco semanas como el curso que ahora concluye. Esto permite un mayor margen para que los alumnos puedan programarse mejor en la entrega de los informes y memorias.
9. Solicitar de la unidad de Evaluación y Calidad que se incorpore la asignatura a los procedimientos de valoración por los alumnos de la satisfacción con la docencia recibida.

10. Mejorar los sistemas de extracción. Cambiar la ventana de la vitrina para facilitar las manipulaciones a realizar.

## REFERENCIAS

- 1.- Domin, D.S. "A review of laboratory instruction styles". J. Chem. Educ. 1999, 76, 543-547.
- 2.- Buntine, M.A., Read, J.R., Barrie, S.C., Bucat, R.B., Crisp, G.T., George, A.V., Jamie, I.M., y Kable, S.H. "Advancing chemistry by enhancing learning in the laboratory (ACELL): a model for providing professional and personal development and facilitating improved student laboratory learning outcomes". Chemistry Education Research and Practice, 2007, 8, 232-254. (<http://bit.ly/Mwzgl4>)
- 3.- Hofstein, A. "The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research". Chemistry Education: Research and Practice. 2004, 5, 247-264.
- 4.- Hofstein, A. y Manlok-Naaman, R. "The laboratory in science education: the state of the art". Chemistry Education Research and Practice, 2007, 8 (2), 105-107 (<http://bit.ly/NJvu8k>)
- 5.- Malan, S.T.P. "The new paradigm of outcomes-based education in perspective". JFECS. 2000, 28, 22-28 (<http://bit.ly/OhgSe2>)
- 6.- Schechter, E.I. "Internet Resources for Higher Education Outcomes Assessment". North Carolina State University. (<http://bit.ly/O6Zbi>)
- 7.- Davis, D.C., Beyerlein, S.W., y Davis, I.T. "Deriving design course learning outcomes from a professional profile". International Journal of Engineering Education. 2006, 22, 439-446. (<http://bit.ly/QmWs7G>)
- 8.- Referencias de Materiales incorporados al repositorio institucional de objetos digitales, RODIN:  
a) <http://hdl.handle.net/10498/14833>  
b) <http://hdl.handle.net/10498/14828>, y  
c) <http://hdl.handle.net/10498/14843>.

## AGRADECIMIENTO

Al Servicio de Prevención de la Universidad de Cádiz por su asesoramiento y colaboración puesta en marcha de las instalaciones del nuevo Laboratorio en el que se ha impartido la asignatura objeto del presente proyecto.