



Agència  
per a la Qualitat  
del Sistema Universitari  
de Catalunya



## GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS EN LOS **LABORATORIOS EN EL ÁMBITO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

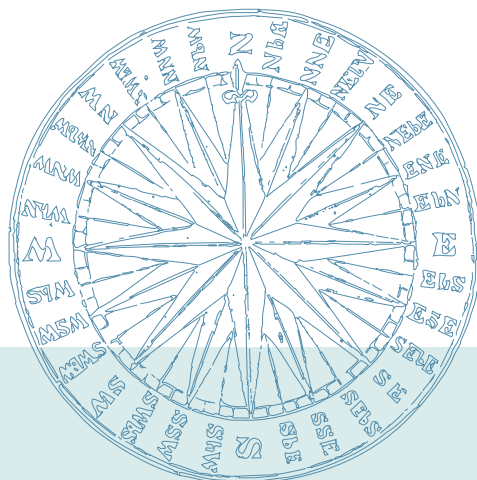


*La calidad, garantía de mejora.*





Agència  
per a la Qualitat  
del Sistema Universitari  
de Catalunya



## GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS EN LOS **LABORATORIOS EN EL ÁMBITO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**Guía** para la evaluación de competencias en los laboratorios en el ámbito de ciencias y tecnología  
Bibliografía

I. Martínez Martínez, María Rosario, ed.

II. Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya

1. Laboratoris d'enginyeria – Ensenyament universitari – Avaluació

2. Competències professionals – Avaluació

378:62

© **Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya**

Via Laietana, 28, 5<sup>a</sup> planta

08003 Barcelona

© Autores y autoras: **María Rosario Martínez Martínez** (coordinación y compilación, ETSEIB de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Ana María Cadenato Matía** (ETSEIB de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Moisés Graells Sobré** (EUETIB de la Universitat Politècnica de Catalunya); **María José Pérez Cabrera** (ICE de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Beatriz Amante García** (ETSEIAT de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Josep Jordana Barnils** (EPSC de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Roser Gorchs Altarriba** (EPSEM de la Universitat Politècnica de Catalunya); **M. Núria Salán Ballesteros** (ETSEIAT de la Universitat Politècnica de Catalunya); **M. Dolors Grau Vilalta** (EPSEM de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Isabel Gallego Fernández** (EPSC de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Cristina Periago Oliver** (ETSEIB de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Esperanza Portet Cortés** (ICE de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Daniel Sainz García** (Facultat de Química de la Universitat de Barcelona); **Isabel Pérez Morales** (Facultat de Química de la Universitat de Barcelona); **M. Carmen González Azón** (Facultat de Química de la Universitat de Barcelona); **Xavier Bohigas Janoher** (ETSEIB de la Universitat Politècnica de Catalunya); **María Albareda Sambola** (ETSEIAT de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Inés Algaba Joaquin** (ETSEIAT de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Mercè Raventós Santamaria** (ESAB de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Daniel García Almiñana** (ETSEIAT de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Jorge Juan Sánchez** (EPSEM de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Antoni Pérez Poch** (EUETIB de la Universitat Politècnica de Catalunya).

Coordinación de la colección: Sebastián Rodríguez Espinar y Anna Prades Nebot

Producción editorial: Àgata Segura Castellà

Diseño y maquetación: Josep Turon i Triola

Primera edición: junio 2009

Depósito legal: B-27.201-2009

Se permite la reproducción total o parcial del documento siempre que se cite el título de la publicación, el nombre de los autores y la Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya como editora.

Disponible en versión electrónica:

<[www.aqu.cat](http://www.aqu.cat)>

# SUMARIO

Presentación .....	5
Introducción .....	7
<b>1. Competencias: concepto, clasificación y evaluación .....</b>	<b>11</b>
1.1. Introducción .....	11
1.2. Aclarando conceptos .....	13
1.3. Posibles clasificaciones de las competencias .....	16
1.4. Aprendizaje y evaluación .....	17
1.5. Consideraciones finales .....	25
1.6. Definiciones del término <i>competencias</i> .....	26
<b>2. «Aplicar el método científico para la resolución de problemas» como competencia específica de los laboratorios de Ciencias y Tecnología. ....</b>	<b>29</b>
2.1. Consideraciones previas .....	29
2.2. La competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas». Componentes y elementos .....	30
2.3. La competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas». Niveles competenciales .....	32
2.4. Estudio de campo: el desarrollo de las competencias genéricas en los laboratorios de Ciencias y Tecnología .....	36
<b>3. Cómo integrar y evaluar la competencia específica en los laboratorios de Ciencias y Tecnología .....</b>	<b>43</b>
3.1. Planificación y diseño de actividades .....	43
3.2. Metodología .....	54
3.3. Evaluación .....	61
3.4. Ejemplos de buenas prácticas metodológicas y de evaluación en los laboratorios de Ciencias y Tecnología .....	78
<b>4. Ejemplos de actividades del laboratorio de Ciencias y Tecnología .....</b>	<b>87</b>
4.1. Ejemplo de planificación de una asignatura o materia para el desarrollo de la competencia específica .....	87
4.2. Ejemplos de fichas de diseño de actividades para el desarrollo de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas» .....	93
<b>Bibliografía .....</b>	<b>133</b>



# PRESENTACIÓN

Desde los inicios del proceso de convergencia europea, ha sido un objetivo de AQU Catalunya (Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya) poner a disposición de las universidades catalanas herramientas que ayuden a este proceso, como el plan piloto de adaptación de las titulaciones al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), o el documento *Herramientas para la adaptación de las titulaciones al EEES*. En esta línea, el año 2007 la agencia abrió una convocatoria para la concesión de ayudas para la elaboración de guías de evaluación de competencias en el marco de los procesos de acreditación de titulaciones universitarias oficiales en Catalunya (Resolución IUE/3013/2007, de 8 de octubre).

Esta iniciativa se sustenta en una doble motivación. Por un lado, todos los títulos adaptados al Espacio Europeo de Educación Superior tienen que disponer de un perfil de formación en competencias, es decir, han formulado qué se espera de los graduados en términos de competencias específicas y transversales. Por otro lado, los estándares europeos de garantía de calidad (ENQA, 2005) establecen que los estudiantes tendrían que estar claramente informados sobre los métodos de valoración a los que estarán sujetos, sobre qué se espera de ellos y sobre qué criterios se aplicarán para valorar su rendimiento. Todo esto implica que el reto que ahora tiene el profesorado de nuestras universidades consista en encontrar cómo desarrollar y cómo evaluar de forma coherente estas competencias asumidas al perfil de formación.

Por otra parte, en un contexto de mayor autonomía en el diseño de los títulos, así como en los procesos para desarrollarlos, la atención a la rendición de cuentas, tanto en nuestro ámbito como a escala internacional, se centra en la certificación de las consecuciones. Así, es de esperar que los futuros procesos de acreditación estén cada vez más enfocados a verificar la consecución del perfil de formación. Y la evaluación de los aprendizajes es el momento en el que se constata esa consecución de los estudiantes.

Estas guías han sido elaboradas con el objetivo de que el profesorado disponga de unos recursos de referencias y de ejemplificaciones que le permitan poder diseñar, en coherencia con el perfil de formación de una titulación y los objetivos de las materias, las estrategias de evaluación de los aprendizajes de los estudiantes. Así pues:

- Hay propuestas diferentes según los ámbitos disciplinarios, partiendo de la hipótesis de que una guía general de evaluación de competencias no es tan útil como una guía elaborada desde el propio campo disciplinario del profesorado que lo tiene que aplicar.
- Las propuestas han sido elaboradas por profesorado de nuestro contexto universitario, por lo tanto son guías «realistas», no adaptaciones automáticas de buenas prácticas de contextos universitarios distantes al nuestro.
- Las guías proporcionan un marco de referencia de buenas prácticas que permiten escoger y diseñar pruebas evaluativas coherentes con los resultados de aprendizaje pretendidos, y una mayor transparencia sobre los métodos y criterios de valoración

Esperamos que el esfuerzo que han realizado los grupos de profesores y profesoras, a los que queremos expresar nuestro agradecimiento, les resulte útil y provechoso.

Las guías editadas por AQU Catalunya son las siguientes:

- *Guía para la evaluación de competencias en el área de Humanidades*, coordinada por Gemma Puigvert de la UAB;
- *Guía para la evaluación de competencias en el área de Ciencias Sociales*, coordinada por Joaquín Gairín de la UAB;
- *Guía para la evaluación de competencias en Educación Social*, coordinada por Judit Fullana de la UdG;
- *Guía para la evaluación de competencias en el trabajo de fin de grado en el ámbito de las Ciencias Sociales y Jurídicas*, coordinada por Joan Mateo de la UB;
- *Guía para la evaluación de competencias en el prácticum de Maestro/a*, coordinada por Montserrat Calbó de la UdG;
- *Guía para la evaluación de competencias en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, coordinada por Enric Sebastiani de la URL.
- *Guía para la evaluación de la competencia científica en Ciencias, Matemáticas y Tecnología*, coordinada por Mercè Izquierdo de la UAB;
- *Guía para la evaluación de competencias en los laboratorios en el ámbito de Ciencias y Tecnología*, coordinada por Maria Rosario Martínez de la UPC;
- *Guía para la evaluación de competencias en Medicina*, coordinada por Josep Carreras de la UB;
- *Guía para la evaluación de competencias en el área de Ingeniería y Arquitectura*, coordinada por Elisabet Golobardes de la URL;
- *Guía para la evaluación de competencias en los trabajos de fin de grado y de máster en las Ingenierías*, coordinada por Elena Valderrama de la UAB;

Javier Bará Temes  
Director de AQU Catalunya



# INTRODUCCIÓN

La GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS COMPETENCIAS EN LOS LABORATORIOS EN EL ÁMBITO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA tiene como objetivos específicos:

- Identificar y definir la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas en los laboratorios de Ciencias y Tecnología» y establecer diferentes niveles competenciales para su trabajo en el laboratorio.
- Elaborar rúbricas de calidad o de corrección asociadas a los diferentes componentes y niveles competenciales de la competencia específica definida para este ámbito.
- Definir la metodología más adecuada para integrar esta competencia específica y relacionarla con los objetivos de los diferentes momentos de las actividades desarrolladas.
- Aportar modelos de fichas de planificación de asignaturas/materias y de diseño de actividades para el desarrollo y la evaluación de la competencia específica definida.
- Describir las evidencias y los instrumentos de evaluación más usuales en este ámbito.
- Mostrar y analizar los resultados del estudio de campo que se ha llevado a cabo con el profesorado sobre las competencias genéricas en los laboratorios de Ciencias y Tecnología.
- Identificar ejemplos de buenas prácticas metodológicas y de evaluación en los laboratorios de este ámbito.
- Mostrar ejemplos, tanto de fichas de planificación de asignaturas como de diseño de actividades, de los diferentes niveles competenciales de la competencia específica definida.

La estructura de esta guía está orientada a facilitar la integración de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas en los laboratorios de Ciencias y Tecnología» a las materias/asignaturas que se desarrollan en este ámbito.

Así, en la guía consta un capítulo 1 planteado como un marco de referencia común a todas las guías elaboradas para el desarrollo de competencias y en el cual se introduce, de manera general, el concepto de aprendizaje por competencias y su evaluación.

A continuación, el capítulo 2 se centra en la aproximación conceptual a la competencia específica definida en la guía. También se analizan los componentes y elementos que componen la competencia y se definen cuatro niveles competenciales, que pretenden ayudar al profesorado a hacer una graduación de la competencia y a identificar el grado de complejidad que tiene que trabajar a lo largo de su asignatura. En este mismo capítulo se recogen los resultados del estudio de campo realizado entre el profesorado de laboratorios de Ciencias y Tecnología de diferentes universidades, orientado a identificar qué

competencias genéricas se considera que tienen que formar parte de este ámbito y qué tareas/actividades son las más adecuadas para su desarrollo.

El capítulo 3 está dirigido a la integración, la aplicación y la evaluación de la competencia específica en los laboratorios de Ciencias y Tecnología, y recoge una propuesta a fin de que el profesorado pueda planificar su materia/asignatura y diseñar las actividades que permitirán su desarrollo, aportando, al mismo tiempo, herramientas metodológicas que pueden ayudar a la adaptación de las actividades para el trabajo de la competencia específica. Para la evaluación de la competencia definida en la guía se describen, sin ánimo de exhaustividad, algunas de las evidencias y de las herramientas de evaluación más utilizadas en los laboratorios de Ciencias y Tecnología, a la vez que se aportan una serie de rúbricas de calidad asociadas a los diferentes componentes y niveles competenciales.

Finalmente, el capítulo 4 muestra un ejemplo de ficha de planificación de asignatura y cuatro ejemplos concretos de actividades de diferentes niveles competenciales dentro del ámbito de los laboratorios de Ciencias y Tecnología. Para cada una de estas actividades, se detalla la ficha de diseño, así como el experimento de laboratorio asociado.

Esta guía dispone, en su versión electrónica, de una serie de documentación adicional introducida como anexos, a través de la cual se puede acceder a la encuesta realizada al profesorado de laboratorios de Ciencias y Tecnología (anexo 1), los resultados obtenidos (anexo 2), un ejemplo de planificación de actividades o guía para el alumnado (anexo 3) y ejemplos de otras actividades para el desarrollo de experimentos en el ámbito de los laboratorios (anexo 4).

Así pues, para el profesorado, utilizar esta guía significa partir de la propia actuación docente y de las actividades y/o experimentos que hasta ahora ha ido llevando a cabo en su materia/asignatura. A partir de estas actividades y/o experimentos, y mediante las rúbricas aportadas en la guía (*véase el apartado 2.3 del capítulo 2*), cada docente puede identificar el nivel competencial que es trabajado para cada componente de la competencia específica en su asignatura e ir introduciendo, si conviene, las modificaciones que permitan adaptar la metodología utilizada para la consecución de la competencia específica. Eso implica la consideración de tres momentos clave en el trabajo en los laboratorios de Ciencias y Tecnología: prelaboratorio, laboratorio y postlaboratorio (*véase el apartado 3.2.2 del capítulo 3*), con diferentes contribuciones al trabajo global de la competencia específica.

Así pues, partiendo de las actividades y/o experimentos que actualmente lleva a cabo el profesorado en el aula o en el laboratorio, se propone la manera como se puede planificar y diseñar un conjunto de actividades que posibiliten que al final de la materia/asignatura se hayan introducido y desarrollado todos los componentes necesarios a fin de que el alumnado adquiera la competencia en el nivel competencial exigido. Esta guía también puede ser de utilidad para la evaluación correspondiente, ya que aporta una serie de rúbricas para cada uno de los niveles y componentes competenciales, así como ejemplos concretos llevados a cabo por el profesorado de laboratorios de Ciencias y Tecnología.

## **AGRADECIMIENTOS:**

Agradecemos la colaboración de Elena Cano García, doctora en Pedagogía y licenciada en Ciencias Económicas, profesora titular del Departamento de Didáctica y Organización Educativa de la Universitat de Barcelona, por su valioso asesoramiento en el desarrollo y la evaluación de competencias y en la planificación y el diseño de asignaturas y de actividades. Y extendemos este reconocimiento especialmente a Anahí Olives Ponsoda, ingeniera informática por la Universitat Politècnica de Catalunya y técnica del Institut de Ciències de l'Educació de la UPC, por su inestimable ayuda técnica y por el soporte informático durante el proceso de diseño de esta guía.

La elaboración de una guía como la que se presenta en este documento no habría sido posible sin la activa participación de estas dos profesionales y de todo el personal del Institut de Ciències de l'Educació de la UPC.



# 1. COMPETENCIAS: CONCEPTO, CLASIFICACIÓN Y EVALUACIÓN

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El proceso de convergencia en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) implica, entre otros temas, un cambio en la concepción pedagógica, en el sentido de que se pasa de un modelo de enseñanza-aprendizaje enfocado hacia la enseñanza a un modelo enfocado hacia el aprendizaje basado en el trabajo del estudiante y en el establecimiento de las condiciones idóneas a fin de que se puedan conseguir y dominar con éxito los objetivos propuestos. En el Comunicado de Berlín (2003), los ministros europeos animaban a que todos los países europeos describieran las calificaciones de sus sistemas de educación superior en términos de resultados de aprendizaje, competencias y perfil.

El informe del proyecto Tuning (2003) señala tres grandes factores que explican el interés de desarrollar las competencias en programas educativos:

- La necesidad de mejorar la ocupabilidad de los graduados en la nueva sociedad del conocimiento (rápida obsolescencia del conocimiento, necesidad de aprendizaje a lo largo de la vida, etc.).
- La creación del Espacio Europeo de Educación Superior: necesidad de establecer referentes comunes para las titulaciones (descriptores de Dublín para *bachelor* y *máster*), etc.
- Un nuevo paradigma educativo: centrado en el aprendizaje de los estudiantes, y que hace más hincapié en los resultados u objetivos de la enseñanza.

Se han utilizado numerosos términos para describir los resultados de los procesos de aprendizaje, como *habilidades*, *destrezas*, *capacidades*, *competencias*, etc., sea como sinónimos o como términos con matices diferentes. El grupo de trabajo que ha elaborado este documento define la competencia como el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que se tienen que integrar para hacer una tarea específica.

El desarrollo de la capacidad de gestionar los conocimientos eficientemente es tan o más importante que almacenar muchos conocimientos, especialmente con relación a los contextos de la realidad donde se tendrán que aplicar. La nueva educación orientada al desarrollo competencial de los estudiantes implica modificar profundamente no tan sólo los planteamientos evaluadores, sino también nuestro pensamiento sobre formación, instrucción y docencia.

En los últimos diez años se han producido un conjunto muy importante de cambios en la misma naturaleza de la evaluación de los aprendizajes que están afectando al pensamiento actual con respecto al binomio enseñanza-aprendizaje y el papel de la evaluación. A continuación señalamos los cambios que consideramos más importantes.

### **1.1.1. Cambios en el enfoque del proceso de enseñanza-aprendizaje: del énfasis en la enseñanza al aprendizaje**

Otorgar más importancia a los procesos de aprendizaje que a los de enseñanza significa que el centro de gravedad se sitúa en los *outputs* más que en los *inputs*. Se cumple con eso uno de los principios básicos del nuevo paradigma organizativo de la educación, el de la primacía de las finalidades (Hutmacher, 1999), según el cual la acción se orienta de manera prioritaria a la consecución de los objetivos establecidos. La propuesta curricular y la actividad docente se organizan, se estructuran y se caracterizan alrededor y dependiendo de este nuevo elemento.

### **1.1.2. Cambios en los contenidos objeto de evaluación**

Posiblemente, el cambio más profundo se ha producido con referencia a la naturaleza de los aprendizajes. La calidad de un aprendizaje ya no se basa exclusivamente en el hecho de conocer más sobre un dominio concreto, sino en nuestra capacidad de utilizar de forma holística nuestros conocimientos, habilidades y actitudes con el fin de aplicarlos de manera activa y eficiente sobre tareas específicas. Con todo eso nos referimos al proceso conocido como desarrollo competencial y el problema radica en el enfoque de los procesos de evaluación sobre este nuevo tipo de aprendizaje.

### **1.1.3. Cambios en la lógica de la evaluación**

Finalmente, el tercer gran cambio hace referencia a la nueva lógica que orienta los procesos evaluadores. La evaluación educativa, históricamente, se había centrado en el control de los resultados del aprendizaje. Posteriormente desplazó su preocupación a los procesos de petición de responsabilidades (*accountability*), lo cual significaba implicar a toda la comunidad educativa en la responsabilización de la consecución de la calidad de los procesos y los resultados educativos. Es básicamente en la última década cuando se descubre el enorme potencial de la evaluación como herramienta para gestionar los mismos aprendizajes y garantizar la calidad de los mismos. Se establece definitivamente la importancia de asociar los procesos evaluadores a los de desarrollo y potenciación de nuestra capacidad para aprender.

Además, hay que señalar que la evaluación de las competencias alcanzadas por el estudiante no tan sólo tiene el punto de vista de la evaluación de los resultados individuales del aprendizaje, sino que también adopta el punto de vista institucional; es decir, la calidad de una institución está asociada al grado en el que consigue que sus graduados sean competentes en aquello descrito en el perfil de formación.

## 1.2. ACLARANDO CONCEPTOS

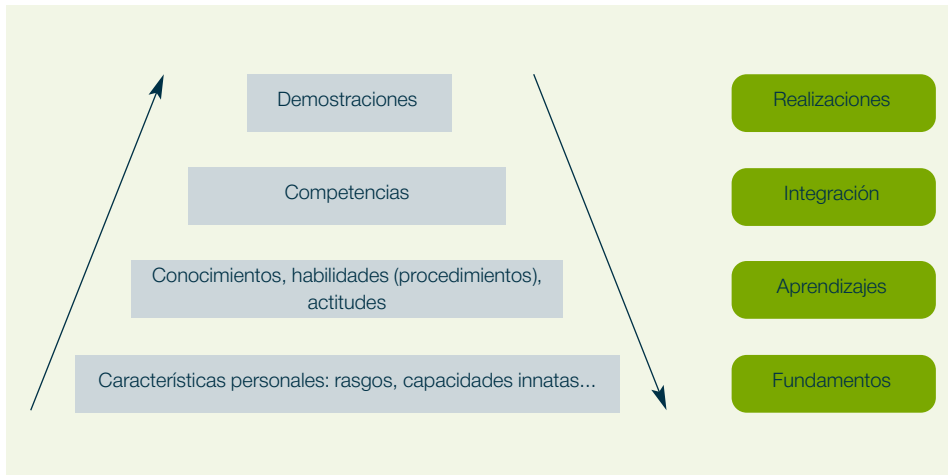
Anteriormente se ha señalado que términos como habilidades, conocimientos, capacidades y competencias se han utilizado a menudo de manera intercambiable. La figura 1 muestra la estructura jerárquica de estos conceptos y permite establecer las diferencias.<sup>1</sup> De esta manera:

- Los **rasgos** y las **características personales** son los cimientos del aprendizaje, la base innata desde la que se pueden construir las experiencias subsiguientes. Las diferencias en rasgos y características ayudan a explicar por qué las personas escogen diferentes experiencias de aprendizaje y adquieren diferentes niveles y tipologías de conocimientos y habilidades.
- Los **conocimientos**, las **habilidades** y las **actitudes** se desarrollan a partir de las experiencias de aprendizaje, que, si se definen de una manera amplia, incluyen tanto la escuela como el trabajo, la familia, la participación social, etc.
- Las **competencias** son combinaciones de conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas. Se desarrollan a partir de experiencias de aprendizaje integrativas en las que los conocimientos y las habilidades interactúan con el fin de dar una respuesta eficiente en la tarea que se ejecuta.
- Las **demonstraciones** comportan la aplicación de las competencias aprendidas, en contextos específicos.

---

<sup>1</sup> Esta conceptualización procede del trabajo realizado por el Council of the National Postsecondary Education Cooperative (NPEC) y su Working Group on Competency-Based Initiatives, patrocinado por el NCES (National Center for Education Statistics). Referencia: NCES (2002). *Defining and Assessing Learning: Exploring Competency-Based Initiatives*. Disponible en: <http://inces.ed.gov/publicsearch/> [consultado septiembre de 2008].

**Figura 1. Jerarquía de resultados de aprendizaje**



Fuente: NCES (2002).

Al final de este capítulo hemos recogido diferentes definiciones sobre el constructo de competencias que se han utilizado recurrentemente y que son coherentes con el concepto asumido en este capítulo.

Puesto que las competencias son el resultado de combinar conocimientos y habilidades, es evidente que en un proceso formativo complejo como el de la educación superior, de duraciones largas, las competencias no se desarrollarán de manera más o menos completa hasta los momentos finales de este proceso. De esta forma, puede ser útil diferenciar las competencias de otros conceptos vinculados al proceso de enseñanza y aprendizaje con los que conviven, como los objetivos o los resultados de aprendizaje:

<p><b>Objetivos</b></p>	<p>Son afirmaciones relativas a la docencia, redactadas desde el punto de vista de aquello que intentará cubrir el profesorado con un determinado bloque de aprendizaje (módulo, materia, asignatura, etc.). Están escritos desde el <b>punto de vista del profesor</b>.</p> <p>Pueden incluir conocimientos y habilidades de manera aislada.</p>
<p><b>Resultados de aprendizaje</b></p>	<p>Son afirmaciones sobre las que se espera que un estudiante pueda conocer, comprender y ser capaz de demostrar después de haber completado un proceso de aprendizaje (módulo, asignatura, materia, curso, etc.). Se centran en lo que el estudiante ha alcanzado en vez de cuáles son las intenciones del profesor. <b>Se centran en aquello que puede demostrar el estudiante</b> al finalizar la actividad de aprendizaje.</p> <p>Pueden incluir conocimientos y habilidades aisladamente. De la misma manera que los objetivos, se pueden describir al finalizar cualquier unidad (módulo, asignatura, etc.).</p>



**Competencias** Implican el uso integrado de conocimientos, habilidades y actitudes en la acción. Por su naturaleza, sólo se podrán alcanzar en estadios finales del proceso educativo (prácticum, trabajos final de carrera, etc.).<sup>2</sup>

A continuación se ofrece un ejemplo de redacción de cada uno de estos niveles:<sup>3</sup>

- **Objetivo de aprendizaje:** que el estudiante conozca y describa las diferentes fuentes de coste económico y su ponderación dentro de un proyecto.
- **Resultados de aprendizaje:** identificar dentro de un proyecto de Ingeniería las diferentes fuentes de coste económico.
- **Competencia asociada:** evaluar la viabilidad económica de un proyecto industrial de Ingeniería Química.

Tal como se observa en la tabla siguiente, los objetivos de aprendizaje y los resultados de aprendizaje son dos caras de una misma moneda, pero mientras que los objetivos no son observables, los resultados identifican acciones del estudiante que permiten evaluarles, tal como podemos ver a continuación:

Ejemplo de redacción de objetivos	Ejemplo de redacción de resultados de aprendizaje
<p>El objetivo del módulo, la materia o la asignatura es que el estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Conozca los diferentes instrumentos utilizados en procesos de selección de personal en cada una de sus fases.</li> <li>■ Comprenda...</li> </ul>	<p>En acabar el módulo, la materia o la asignatura, el estudiante tendrá las capacidades siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Identificar los instrumentos utilizados en cada una de las fases de un proceso de selección.</li> <li>■ Comparar los instrumentos utilizados en... (análisis de similitudes y diferencias)</li> <li>■ Valorar, de acuerdo con criterios de relevancia, coste, etc., la idoneidad, en un proceso de selección determinado, de cada uno de los posibles instrumentos de selección...</li> <li>■ Aplicar...</li> </ul>

<sup>2</sup> Por ejemplo, la competencia de análisis de muestras reales en un laboratorio, que corresponde a una competencia del perfil de formación de un químico, se podrá alcanzar en un laboratorio de prácticas del último curso del programa de formación, pero en cursos anteriores el estudiante habrá llevado a cabo análisis de muestras simples que no requieran tratamientos laboriosos. Es decir, de la misma manera que hay niveles de complejidad diferente en el ámbito de la cognición (del recuerdo a la aplicación o la evaluación), también es posible establecer niveles de complejidad en el ámbito de la acción, de ejecuciones en procesos parciales en contextos simples a ejecuciones de procesos completos en contextos complejos.

<sup>3</sup> El ejemplo se ha extraído de una de las competencias definidas en la *Guía para el diseño de un perfil de formación: Ingeniería Química*, AQU Catalunya, 2006.

La redacción de un resultado de aprendizaje no difiere de la redacción de las competencias. Ambas redacciones requieren el uso de un verbo que identifica una acción que tiene que desarrollar y ser capaz de hacer al estudiante y, por lo tanto, se tiene que poder visualizar y evaluar.

Puesto que las competencias se demuestran en la acción, el contexto donde se manifiesta es un elemento clave en su adecuación. De esta forma, competencias en diferentes contextos requieren diferentes combinaciones de conocimientos, habilidades y actitudes. Por ejemplo, el liderazgo de un cirujano es diferente del liderazgo que necesita un entrenador de baloncesto.

En resumidas cuentas:

- La competencia es la combinación de habilidades, actitudes y conocimientos necesarios para desarrollar una tarea de manera eficaz.
- Las competencias se demuestran en la acción y, por lo tanto, sólo son evaluables en tanto que hay actividades que impliquen que se llevan a cabo.
- Las competencias son aprendidas y se desarrollan a partir de actividades que permiten integrar habilidades, actitudes y conocimientos aprendidos anteriormente quizás de manera separada.

### 1.3. POSIBLES CLASIFICACIONES DE LAS COMPETENCIAS

Cualquier clasificación que se adopte desatenderá algún aspecto, terminología o puntos de vista específicos de algún autor. Con el fin de establecer un referente, resultado de la transacción correspondiente entre los autores de las diversas guías que se presentan, se propone una clasificación que intenta ser tan comprensiva como sea posible.

Cada titulación desarrolla competencias; algunas son propias o específicas de la titulación correspondiente, mientras que otras son transversales o compartidas con otras titulaciones. Así pues, podemos diferenciar dos amplios grupos de competencias:

- **Competencias específicas**, que son propias de un ámbito o titulación y están orientadas a la consecución de un perfil específico del graduado o graduada. Son próximas a ciertos aspectos formativos, áreas de conocimiento o agrupaciones de materias, y acostumbran a tener una proyección longitudinal en la titulación.
- **Competencias genéricas (o transversales)**, que son comunes a la mayoría de titulaciones, aunque con una incidencia diferente y contextualizadas en cada una de las titulaciones en cuestión. Por ejemplo, no se trabajará igual la comunicación de un futuro médico que la de un periodista, un maestro, un químico, etc.

Dentro de este bloque encontramos competencias personales como la gestión del tiempo y la responsabilidad del mismo aprendizaje; competencias interpersonales, como comunicarse, trabajar en equipo, liderar o negociar; competencias relacionadas con la

gestión de la información, los idiomas, la informática, etc. A veces, estas últimas competencias se incluyen bajo la denominación de instrumentales.

Entre estas competencias genéricas queremos destacar las más relacionadas con el contexto académico, que son las nucleares o más propias de la educación superior: el pensamiento analítico o crítico, la resolución de problemas, la toma de decisiones, la indagación, etc. En la universidad es donde estas competencias se desarrollan a su nivel más alto, si bien la disciplina marcará la diferencia: de esta forma, el pensamiento analítico para un filósofo tendrá una concreción diferente que para un farmacéutico o un matemático. Sin duda, algunos ámbitos de formación con menos tradición profesional podrán hacer hincapié en el desarrollo de este tipo de competencias.

## 1.4. APRENDIZAJE Y EVALUACIÓN

El aprendizaje basado en competencias pretende asegurar que los estudiantes adquieran aquellos conocimientos, habilidades y actitudes importantes tanto con relación a lo que se está estudiando como a las transiciones para las que se preparan (transición laboral, preparación para másters académicos, etc.). Utilizar competencias implica el desarrollo de cuatro componentes diferentes pero interactivos:

- Descripción de la competencia.
- Descripción de las actividades donde se manifestará la competencia.
- Instrumentos o medios para evaluar la competencia.
- Estándares o criterios por los que se juzga si alguien es o no competente.

### 1.4.1. Descripción de la competencia

Definir las competencias es importante con el fin de comunicar a los estudiantes qué se pretende alcanzar con el proceso de enseñanza-aprendizaje y en qué medida sus experiencias de aprendizaje y sus esfuerzos están dirigidos a esta consecución. Por otra parte, los ocupadores tendrán un referente claro de lo que los graduados saben y son capaces de hacer.

En la descripción de la competencia se tienen que señalar tanto los contenidos implicados como el nivel de complejidad del contexto en el que se tendrá que aplicar la competencia.

La formulación de la competencia requiere los elementos siguientes:

- Un **verbo activo, que identifique una acción que genere un resultado visualizable**. De esta manera, hay que evitar el uso de verbos como *conocer* o *comprender* y utilizar otras formas verbales como *describe*, *identifica*, *reconoce*, *clasifica*, *compara*, *evalúa* o *valora*, *formula*, *argumenta*, *calcula*, *planifica*, *diseña*, etc.

- La **descripción del objeto de la acción y el contexto en el que se aplica**. La competencia tiene que hacer referencia al campo disciplinario en el que se fundamenta. Ejemplo: *Diseñar instalaciones de Ingeniería Química, Desarrollar entrevistas diagnósticas en el ámbito clínico, Hacer un examen físico y mental completo.*

#### 1.4.2. Descripción de las actividades en las que se manifiestan las competencias

Consiste en describir con precisión el tipo de actividad en la que se manifestará la competencia y los objetivos que se persiguen llevándola a cabo. Consiguientemente, se tienen que explicitar las competencias asociadas a esta actividad, qué conocimientos o habilidades llevan implícitos y en qué contextos se aplicarán, como también el nivel de profundidad o complejidad en el que se tendrían que concretar.

Una vez definidas qué competencias están implicadas en la actividad, en qué nivel y contexto se trabajarán y de qué medios se dispondrá, se pueden concretar los **resultados de aprendizaje** esperados en cada actividad, es decir, sus resultados observables. De este modo será posible establecer qué tipo de evidencias se producen y cómo se pueden recoger con el fin de analizar el nivel de consecución de las competencias descritas.

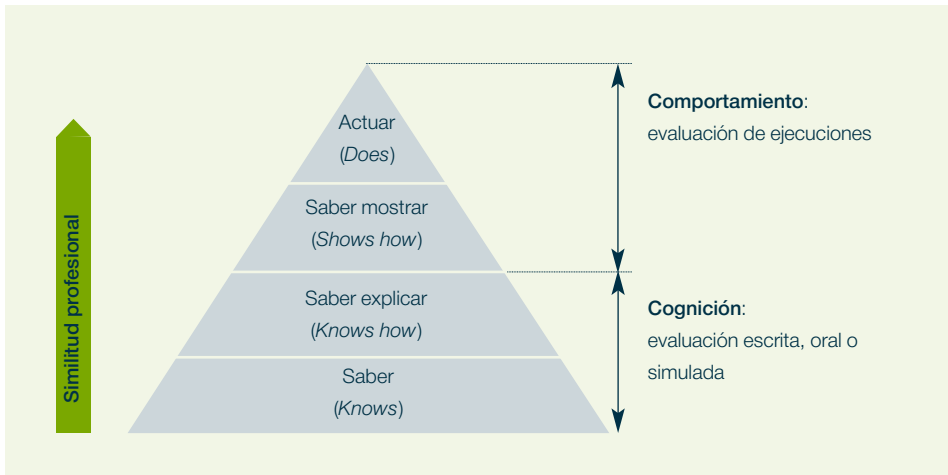
Este nivel de descripción es necesario en las actividades que son objeto de evaluación; no hay que hacerlo de una manera tan detallada para el resto de actividades de aprendizaje, donde se pueden introducir competencias que no sean objeto de evaluación.

#### 1.4.3. Elección de instrumentos para la evaluación

La determinación del tipo de instrumento que hay que aplicar para la recogida de evidencias depende fundamentalmente de la naturaleza del resultado de aprendizaje que se tiene que capturar.

Si bien, tal como hemos visto en la figura 1, la competencia sólo se puede evaluar en la acción, para poder adquirirla hace falta haber alcanzado previamente una serie de conocimientos, habilidades y actitudes que habremos descrito bien de acuerdo con los resultados de aprendizaje o en términos de objetivos, según si nuestra perspectiva es lo que pretende el profesor o bien lo que tendrá que demostrar el estudiante. La pirámide de Miller (1990) puede ser una manera útil de ayudar a escoger estrategias de evaluación coherentes con resultados de aprendizaje descritos por el profesor. Así, se puede evaluar sólo el hecho de saber (por ejemplo, por medio de una prueba tipo test) o el hecho de saber explicar, que ya requiere una gestión del conocimiento adquirido; o bien se puede plantear una simulación en la que el estudiante actúe en situaciones controladas; y, finalmente, hay que demostrar en actuaciones la adquisición de una competencia.

**Figura 2. Pirámide de Miller**



Fuente: Miller (1990).

La pirámide distingue dos grandes tipos de pruebas que podríamos clasificar en evaluación tradicional (o pruebas de papel y lápiz) y evaluación de ejecuciones:

- **La evaluación tradicional:** engloba lo que podríamos denominar las típicas «pruebas de papel y lápiz», en las que se hace más hincapié en los objetivos de conocimientos y de saber. En la evaluación tradicional hay pruebas que enfatizan habilidades de bajo orden (recuerdo, comprensión), mientras que hay otras que enfatizan el pensamiento de alto orden (aplicación, síntesis, evaluación).
- **La evaluación de ejecuciones:** es, tal como se verá, muy variada y permite abarcar un rango mucho más amplio de competencias, sea de habilidades disciplinarias (por ejemplo, desde saber poner una inyección hasta hacer un examen médico) o de competencias transversales (comunicación oral, pensamiento crítico, etc.).

La figura 3 quiere ilustrar que las nuevas estrategias evaluadoras se añaden a las tradicionales; enriquecen las muestras de aprendizaje y favorecen este escenario en el que se aprovechan las ventajas de una pluralidad de fuentes de evaluación:

**Figura 3. Evaluación tradicional y evaluación de ejecuciones**



Fuente: Prades (2005).

A continuación se presenta un cuadro en el que se recogen las principales pruebas evaluadoras presentes en el ámbito de la educación superior y se analiza el potencial con relación a la evaluación de competencias, como también consideraciones sobre la fiabilidad y la validez.<sup>4</sup> El cuadro no pretende ofrecer una clasificación sistemática, sino que relaciona las pruebas con relación a su uso para los diferentes objetivos de evaluación.

<sup>4</sup> Nota técnica: la **fiabilidad** se refiere a la exactitud de la medida, es decir, a la ausencia de errores en la medida. La fiabilidad hace referencia a la consistencia de las puntuaciones obtenidas por los mismos individuos si fueran reexaminados con la misma prueba, diversas veces, o con pruebas con cuestiones equivalentes, o bien con condiciones de evaluación variables (Anastasi, 1976, citado en Miller, Imrie y Cox, 1998, p. 236). La **validez** hace referencia al grado en el que la medida obtenida refleja lo que se pretende medir. La validez de un método de evaluación depende del grado en el que la prueba mide lo que pretende medir. Ahora bien, para poder establecerla es necesario que se hayan definido claramente los objetivos que se quieren alcanzar, tiene que permitir una **evaluación criterial**.

	Características	Útiles para medir	Fiabilidad y validez
Tests objetivos	<p>Son pruebas en las que se requiere seleccionar la respuesta correcta de un conjunto de respuestas posibles (ítems de cierto/falso, ítems de emparejamiento, de elección múltiple, etc.). Los ítems pueden ser gráficos, textos, ejemplos o, incluso, casos. Una vez contruidos, son fáciles de aplicar y corregir, y permiten un retorno o <i>feedback</i> rápido al estudiante.</p>	<p>Objetivos como los de reconocer y discriminar información, aplicación de principios o reglas e interpretación de datos. Refuerzan más el pensamiento selectivo que los procesos mentales dirigidos a la construcción del conocimiento.</p>	<p>Fiabilidad: la puntuación de la prueba está menos alterada por factores ajenos al proceso de puntuación. Permiten aplicar un juicio valorativo con el mismo criterio a diferentes ejecuciones, mientras que en las subjetivas no se puede asegurar la igualdad del criterio. La calificación de <i>objetivos</i> hace referencia a las condiciones de aplicación de la prueba y al tratamiento y la interpretación de los resultados, pero no indica que sean más objetivas con respecto al punto de vista de una mejor valoración del rendimiento de los estudiantes. Validez: permiten evaluar un amplio abanico de contenido, lo cual aumenta su validez. La validez se puede mejorar por medio del análisis del funcionamiento de los ítems.</p>
Preguntas cortas	<p>Conjunto de preguntas abiertas en las que el alumnado elabora y estructura su respuesta con total libertad. Los ítems pueden ser gráficos, textos, ejemplos o, incluso, casos que requieren la elicitación o elaboración de una respuesta. Según la amplitud de respuesta que se exige, se diferencia entre pruebas de ensayo amplio o desarrollo de temas, y pruebas de ensayo restringido o de respuesta corta. Es más rápido de construir que los tests objetivos y es más fácil y barato de administrar.</p>	<p>Pueden implicar tanto habilidades cognitivas de alto orden (transferencia e integración del aprendizaje) como la simple repetición de un contenido previamente memorizado. Tienen, sin embargo, potencial para mostrar el aprendizaje profundo, ya que se requiere la construcción de la respuesta. Son pertinentes para evaluar objetivos referidos a: evocación de la información, interpretación de la evidencia, construcción de un diseño, generación de hipótesis, exposición de la información para una decisión o explicitación de las fases de un proceso. Permiten valorar el uso del vocabulario y el razonamiento conceptual propio de un área de conocimientos.</p>	<p>Sus propiedades psicométricas son cuestionables (dificultades en la fiabilidad interevaluadora, cubrimiento de dominios restringidos de conocimiento). Las pruebas de preguntas cortas son más útiles para evaluar un repertorio adecuado de los contenidos del aprendizaje que las pruebas de ensayo amplio. Pueden desfavorecer a los estudiantes con menos habilidades de comunicación escrita.</p>

	Características	Útiles para medir	Fiabilidad y validez
Pruebas científicomatemáticas	<p>Están a medio camino entre las pruebas de formato libre y las de formato objetivo, puesto que exigen la construcción de la respuesta, pero permiten una corrección más objetiva.</p> <p>La complejidad de problemas puede variar según el número de pasos para resolverlos, el grado de abstracción que implican y las operaciones cognitivas implicadas.</p> <p>El grado de la novedad influirá en la dificultad del problema: por lo tanto, es más fácil recurrir a una analogía si hay similitudes tanto superficiales como estructurales entre los problemas.</p>	<p>Son una buena manera de comprobar la comprensión y la aplicación (en principio), en contraste con la memorización.</p> <p>Son relevantes para la dimensión tecnicoprofesional.</p> <p>Los problemas, como los ensayos, permiten ver el desarrollo de ciertas competencias transversales, como el pensamiento crítico y la toma de decisiones.</p> <p>Hay que diferenciar entre la <b>aplicación simple</b> y la <b>resolución de problemas</b>: reconocimiento o recuerdo de la información frente a su reestructuración o reelaboración, y grado en el que los ejercicios son rutinarios frente al grado en el que son originales.</p>	<p>Buena fiabilidad (aunque también hay que tener claros los criterios de corrección) y validez (pueden abarcar un amplio rango de contenidos).</p> <p>Con respecto a la validez, hay que tener en cuenta cuestiones sobre la transferencia de la competencia de resolución de problemas; según parece, la habilidad es transferible pero dentro del mismo dominio (Garnham y Oakhill, 1996).</p>
Pruebas orales	<p>Tradicionalmente implican uno o dos examinadores que hacen cuestiones a los estudiantes referentes a la comprensión y la habilidad de aplicar lo que han aprendido, pero también se incluyen debates, juegos de rol, etc.</p>	<p>Permiten valorar la <b>capacidad de comunicación y las habilidades interactivas</b>, unas habilidades que no se pueden evaluar de otra manera y que, además, promueven el pensamiento autónomo mediante la estructura pregunta-respuesta. La evaluación es, además, una oportunidad para poner en práctica la expresión oral y, por lo tanto, mejorar estas habilidades.</p>	<p>El inconveniente principal es que permiten una libertad considerable al examinador para variar las cuestiones a los estudiantes y que son difíciles de calificar, cosa que las convierte en poco fiables.</p> <p>Son las pruebas más adecuadas (coherentes) para valorar la competencia de comunicación oral. Sin embargo, la capacidad oral no acostumbra a ser objeto de evaluación en las pruebas orales, sino que tan sólo se evalúa el conocimiento académico. De hecho, algunos estudios han demostrado que la mayoría de preguntas sólo requieren el recuerdo de algunos fragmentos de información, cosa que se puede evaluar de manera más fácil y fiable con tests escritos objetivos.</p> <p>Desfavorecen a los estudiantes con miedo a hablar en público.</p>



Características	Útiles para medir	Fiabilidad y validez
<p>Son específicos para enseñanzas; por ejemplo, artículos de prensa para estudiantes de Periodismo, cuadros para estudiantes de Bellas Artes, mapas para los de Geografía, programas informáticos para los de Informática, etc.</p> <p>Aparte de productos, sin embargo, la evaluación de ejecuciones o del rendimiento se puede utilizar para evaluar demostraciones del trabajo del estudiante: utilizar un instrumento, hacer una entrevista, etc. Se pueden observar enfermeros, futuros maestros conduciendo una clase o los estudiantes en el laboratorio. También se pueden utilizar programas de simulación. Estas ejecuciones suelen dar más información directa sobre el aprendizaje que los tests objetivos.</p> <p>El inconveniente principal de esta evaluación es el tiempo de corrección.</p> <p>Es difícil de construir y medir.</p>	<p>Herramienta ideal para evaluar competencias disciplinarias o técnicas propias del área de conocimiento. Promueven la transferencia de los conocimientos académicos y favorecen habilidades cognitivas de alto orden.</p> <p>Hay que añadir, como ventaja para el proceso de aprendizaje, la motivación que comporta para los estudiantes una situación de evaluación realista.</p> <p>El grado en el que se desarrollen otras competencias transversales dependerá del tipo de prueba (productos escritos, gráficos, pósteres, estudios de caso, etc.). Por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Proyectos de investigación: manera de evaluar la capacidad de gestión de la información, la aplicación de los conocimientos y las competencias disciplinarias en la resolución de problemas. Situados al final del currículo, motiva a los estudiantes desde el principio de su recorrido académico y fomenta la responsabilidad del estudiante y la coherencia del programa.</li> <li>■ Pósteres: dan la oportunidad para integrar las competencias de comunicación (oral, escrita, gráfica) con contenidos académicos.</li> <li>■ Estudios de caso y longitudinales: son otra modalidad de resolución de problemas, en la que destaca la riqueza de detalles.</li> </ul>	<p>Son difíciles de construir (la elección de la muestra condiciona la validez) y de medir (subjetividad-fiabilidad de la corrección).</p> <p>Está el peligro de que, en situación de presión, los estudiantes se basen más en el sentido común que en sus conocimientos.</p> <p>Otro elemento que afectaría a la validez es el peligro de plagio.</p> <p>Según las pruebas, por ejemplo, los estudios de caso, o los grandes problemas, como son una muestra pequeña de contenido (eso sí, con profundidad), se corre el riesgo de limitar la generalización y omitir, por lo tanto, la transferencia del conocimiento.</p>

	Características	Útiles para medir	Fiabilidad y validez
Prácticas estructuradas	<p>Son un tipo de pruebas de ejecuciones. Consisten en exámenes prácticos estructurados objetivamente y tienen por objetivo probar un amplio abanico de habilidades de una manera objetiva. Los estudiantes pasan por una serie de estaciones y llevan a cabo una variedad de tareas prácticas. Esta aproximación, inicialmente desarrollada como parte integral de los exámenes médicos, ha sido desarrollada y adoptada posteriormente por una gran variedad de profesiones.</p>	<p>Competencias disciplinares específicas o técnicas.</p>	<p>Buena fiabilidad, a costa de un precio elevado (multiobservadores). Buena validez por la autenticidad de las situaciones de evaluación (se asegura la transferencia).</p>
Evaluación Laboratorio	<p>Es un tipo de pruebas de ejecuciones. La evaluación de laboratorio tiene lugar en un entorno realista y requiere la complementación de una tarea real. La evaluación de la ejecución puede ser sobre el proceso, el producto o ambos elementos.</p>	<p>Competencias de laboratorio; formarían parte de estas competencias la observación, la manipulación, la interpretación, las competencias técnicas (cromatografía, espectrografía, precipitación) y el diseño experto.</p>	<p>Demasiado a menudo, la evaluación se basa por completo en un informe escrito más que en la observación directa de la ejecución de los estudiantes; eso produce un desajuste entre los objetivos establecidos y el foco de evaluación. La observación presenta dificultades en la calificación a causa de la subjetividad del evaluador.</p>
Dossier de aprendizaje	<p>Los dossiers de aprendizaje son una colección selectiva, deliberada y validada de los trabajos hechos por el estudiante en los que se reflejan los esfuerzos, los progresos y los aprendizajes en un área específica a lo largo de un periodo de tiempo. Los estudiantes reúnen, presentan, explican y <b>evalúan</b> su aprendizaje con relación a los objetivos del curso y a sus propios objetivos o expectativas. Consume tiempo y es difícil de evaluar, el contenido variará ampliamente entre los estudiantes</p>	<p>Su finalidad <b>es hacer un balance del progreso y del desarrollo</b> de los aprendizajes del estudiante. Favorece el desarrollo de competencias de independencia o autonomía, reflexión y autoorientación. Promueve la autoconciencia y la responsabilidad sobre el propio aprendizaje. Ilustra tendencias longitudinales, subraya las fortalezas del aprendizaje e identifica las debilidades a mejorar.</p>	<p>Es coherente con el enfoque del aprendizaje centrado en el estudiante. La validez de los dossiers en relación con la competencia de reflexión o metacognitiva es clara en esta situación, pero su fiabilidad para evaluaciones sumativas todavía se tiene que determinar.</p>

Fuente: Prades (2005).

Una competencia se demuestra en la acción, por lo cual, a menudo las mismas actividades de aprendizaje son las actividades de evaluación. De este modo, no se puede evaluar el trabajo en equipo sin hacer trabajar en equipo y, para hacer la evaluación, hay que utilizar procedimientos o estrategias diferentes (un dossier de aprendizaje, un informe o producto del trabajo en equipo, evaluación de los compañeros, etc.). La autoevaluación es una de las otras competencias que sólo se puede llevar a cabo si se involucra a los estudiantes en actividades en las que se requiera.

#### 1.4.4. Los estándares de evaluación y la toma de decisiones

El paso siguiente consiste en establecer los criterios valorativos que nos permiten emitir los juicios de valor respecto de los resultados alcanzados. Si aplicamos los criterios de evaluación sobre los resultados de aprendizaje, podemos expresar estos resultados en términos de estándares de ejecución. Aquí no tan sólo expresamos lo que tiene que hacer, sino que también establecemos los niveles de ejecución que permiten establecer juicios con respecto al nivel de consecución del aprendizaje.

Si queremos mejorar de manera significativa la precisión de nuestros juicios valorativos y, consiguientemente, la consistencia de las valoraciones emitidas con respecto a una misma ejecución (especialmente cuando se hacen por parte de diversos evaluadores), antes hay que aclarar los aspectos o las dimensiones que se quieren evaluar, como también los indicadores o las evidencias que identifican los niveles de valoración que proponemos.

Para conseguir esta aclaración es conveniente utilizar ejemplos de lo que pretendemos. Y para su buen funcionamiento, tendrían que estar insertados en el marco de un esquema general de evaluación.

Finalmente, se tiene que proceder al análisis de toda la información de evaluación con respecto a cada uno de los resultados evaluadores en el nivel de exigencia esperado y determinar si se han alcanzado todas y cada una de las competencias que llevaba implícita la realización de la actividad. Este último análisis nos tiene que llevar a la toma de decisiones con respecto a los estudiantes y al procedimiento de la certificación positiva o a poder expresar el conjunto de indicaciones que tienen que seguir estudiantes y profesores con el fin de recuperar las competencias no alcanzadas, con un material que nos permita diagnosticar con una gran exactitud dónde se sitúan las deficiencias con el fin de poder orientar adecuadamente la acción educativa.

### 1.5. CONSIDERACIONES FINALES

- Hablar de *competencias* permite un **acercamiento entre el mundo académico** —aquello que pretendemos hacer durante el proceso formativo— **y el mundo laboral** —aquello que los empresarios requieren de nuestros graduados.
- Trabajar con competencias, *definirlas, desarrollarlas, evaluarlas*, **permite ser más eficiente con el proceso formativo**, puesto que se asegura coherencia entre el

resultado final del proceso formativo (el perfil de competencias del programa) y el trabajo individual de cada profesor (definición de contenidos, metodología, etc.).

- **Los procedimientos tradicionales de evaluación no satisfacen** los requisitos que exigen tanto la evaluación de nuevos contenidos como la función del estudiante en el aprendizaje universitario.
- **El planteamiento evaluador tiene que ser colectivo y compartido.** La facultad, el centro o la institución se tiene que asegurar de que los estudiantes sean evaluados en su competencia, tanto en un estadio final como de manera progresiva. De esta forma, por ejemplo, hay que asegurar que todos los estudiantes pasen por más de un examen oral que permita evaluar la competencia comunicativa (sea una presentación de un trabajo individual o de grupo, un examen oral, una ponencia, etc.), pero no hace falta que todos los profesores introduzcan esta modalidad de examinar en sus asignaturas.
- En el marco universitario, la práctica de evaluación no puede continuar teniendo como referente la asignatura y el profesorado (considerado individualmente), sino que **se tiene que considerar el conjunto de asignaturas** y, por lo tanto, el equipo docente tanto desde una perspectiva transversal (qué competencias se trabajan y se evalúan el primer trimestre, por ejemplo) como longitudinal (de qué manera las diferentes asignaturas contribuyen en diferentes niveles al desarrollo de una competencia).
- No es necesario evaluar todas las competencias que se trabajen en el marco de una sola asignatura. **La evaluación de las competencias se tiene que programar** cuando ya haya bastante materia para permitir la evaluación. Hasta entonces, hay que evaluar los resultados de aprendizaje (conocimientos y habilidades) separadamente.
- **Las competencias se desarrollan progresivamente;** por lo tanto, se tienen que diseñar diferentes momentos, además del final, en los que se constate la evolución en la adquisición de la competencia.
- La práctica de evaluación con respecto a su dimensión institucional necesita una gestión que tome en consideración los **diferentes niveles de responsabilidad** (toma de decisiones) que sostienen la organización universitaria.

## 1.6. DEFINICIONES DEL TÉRMINO *COMPETENCIAS*

«La capacidad de actuar de manera eficaz en un tipo definido de situación, una capacidad que se sustenta en conocimientos, pero no queda reducida a éstos.» (Perrenoud, 1999)

«Un saber hacer complejo, resultado de la integración, la movilización y la adecuación de capacidades (conocimientos, actitudes y habilidades) utilizados eficazmente en situaciones que tengan un carácter común.» (Lasnier, 2000)

«Un complejo que implica y comprende, en cada caso, al menos cuatro componentes: información, conocimiento (con respecto a apropiación, procesamiento y aplicación de la información) habilidad y actitud o valor.» (Schmelckes, citada por Barrón 2000)

«La capacidad de movilizar y aplicar correctamente en un entorno laboral determinados recursos propios (habilidades, conocimientos y actitudes) y recursos del entorno para producir un resultado definido.» (Le Boterf, 2001)

«La competencia es la habilidad aprendida para llevar a cabo una tarea, un deber o un rol adecuadamente. Un alto nivel de competencia es un pre-requisito de buena ejecución. Tiene dos elementos distintivos: está relacionada con el trabajo específico en un contexto particular, e integra diferentes tipos de conocimientos, habilidades y actitudes. Hay que distinguir las competencias de los rasgos de personalidad, que son características más estables del individuo. Se adquieren mediante el *learning-by-doing* y, a diferencia de los conocimientos, las habilidades y las actitudes, no se pueden evaluar independientemente.» (Roe, 2002)

«Las competencias son los conocimientos, las habilidades y las motivaciones generales y específicas que conforman los pre-requisitos para la acción eficaz en una gran variedad de contextos con los que se enfrentan los titulados superiores, formuladas de tal manera que sean equivalentes a los significados en todos estos contextos.» (ALLEN *et al.*, 2003)

En el proyecto Tuning (2003), las competencias representan una combinación dinámica de atributos, con relación a conocimientos, habilidades, actitudes y responsabilidades, que describen los resultados del aprendizaje de un programa educativo o lo que los alumnos son capaces de demostrar al final de un proceso educativo.

AQU (2004), en su *Marc general per a la integració europea*, define la competencia como «la combinación de saberes técnicos, metodológicos y participativos que se actualizan en una situación y un momento particulares».

ANECA (2004) define el término *competencia* como «el conjunto de conocimientos, habilidades y destrezas relacionados con el programa formativo que capacita al alumno para llevar a cabo las tareas profesionales recogidas en el perfil de graduado del programa».

«La competencia es la capacidad de responder con éxito a las exigencias personales y sociales que nos plantea una actividad o una tarea cualquiera en el contexto del ejercicio profesional. Comporta dimensiones tanto de tipo cognitivo como no cognitivo. Una competencia es una especie de conocimiento complejo que siempre se ejerce en un contexto de una manera eficiente. Las tres grandes dimensiones que configuran una competencia cualquiera son: *saber (conocimientos)*, *saber hacer (habilidades)* y *ser (actitudes)*.» (Rué, 2005)



# 2. «APLICAR EL MÉTODO CIENTÍFICO PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS» COMO COMPETENCIA ESPECÍFICA DE LOS LABORATORIOS DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

## 2.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

Esta guía se pretende constituir como un recurso práctico que oriente al profesorado de laboratorios de Ciencias y Tecnología, y que ayude a identificar los elementos que actualmente se aplican en el laboratorio y que son de gran utilidad para el desarrollo y la evaluación de actividades. Se quieren integrar y conjugar estos elementos en el marco de una planificación en la cual los objetivos, la metodología y la evaluación sean coherentes con la adquisición de la competencia específica propia de los laboratorios de Ciencias y Tecnología, «Aplicar el método científico para la resolución de problemas», y con los paradigmas formativos actuales. El primer paso consistirá en identificar, explicitar y documentar aquello que ya hace el docente en el aula, aquello que hasta ahora ha hecho de manera intuitiva y que puede ser de gran interés para el desarrollo de la competencia en los laboratorios.

Por lo tanto, para introducir el trabajo de la competencia específica, a menudo no hay que ir más allá de lo que ya se está haciendo en los laboratorios, sino que es suficiente dotar a las mismas actividades que hasta ahora se han realizado en el laboratorio de un sentido más amplio y ajustado a esta competencia específica. Pero tampoco hay que hacer grandes cambios en las sesiones de laboratorio: la introducción de pequeños pasos que puedan ser analizados y evaluados por el profesorado, en función de su adecuación al desarrollo de competencias, es una forma de proceder mucho más eficaz, eficiente, segura y motivadora que cambiar de repente el conjunto de la materia/asignatura.

Estos pequeños cambios, que pueden permitir el desarrollo de la competencia específica, tienen que ser coherentes con el objetivo del laboratorio que, según Llorens (2008), es el de conseguir la integración del trabajo de laboratorio como un elemento más de los procesos de aprendizaje. El laboratorio, pues, no se puede considerar al servicio de las sesiones teóricas, ya que, según Graells (2007), tiene en sí mismo un «discurso propio basado en la experimentación como método para entender cualquier fenómeno o sistema»; concepción que implica la introducción de actividades y de criterios de evaluación vinculados a la aplicación teórica y real de contenidos en el laboratorio.

Bennet y O'Neale (1998) aportan dos ideas fundamentales al desarrollo de competencias en los laboratorios:

- El peligro consiste en considerar que las competencias se adquieren en sí mismas de manera automática a partir de la experiencia, sin necesidad de una evaluación de las herramientas y de los objetivos. También consiste en poner más énfasis en el tiempo y los recursos de los cuales se dispone que en la calidad de la experiencia del alumnado. Por este motivo, se tienen que planificar, diseñar y evaluar actividades que permitan al alumnado integrar y poner en práctica, mediante una experiencia de laboratorio, los componentes y los elementos de las competencias.
- Es importante que las competencias sean desarrolladas de forma progresiva a medida que el alumnado avanza en el proceso de aprendizaje, no en una única sesión o asignatura independiente. De aquí la importancia de definir niveles competenciales y rúbricas de calidad o corrección.

## **2.2. LA COMPETENCIA ESPECÍFICA «APLICAR EL MÉTODO CIENTÍFICO PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS». COMPONENTES Y ELEMENTOS**

Tal como hemos considerado a lo largo de esta guía, la competencia es una combinación de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten al alumnado dar una respuesta satisfactoria a una determinada situación.

Esta guía está centrada en las habilidades y las destrezas que tiene que desarrollar el alumnado para la adquisición de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas», ya que al tratarse de contextos tan diversos englobados dentro de la definición de *laboratorios de Ciencias y Tecnología*, cada materia que forme parte tendrá sus propios y específicos conocimientos y actitudes o valores que hay que desarrollar durante el transcurso de la asignatura/materia. Con eso no queremos decir que no demos importancia o que olvidemos los conocimientos y las actitudes o los valores que forman parte de toda competencia. Sin embargo, con la voluntad de aproximarnos a las diversas realidades de los laboratorios de Ciencias y Tecnología, hemos considerado oportuno enfatizar el desarrollo de las habilidades comunes a todas ellas, sin dejar nunca de considerar, dentro de la definición de *competencia*, la vinculación necesaria a unas actitudes y unos conocimientos propios de la materia y la titulación de la cual forman parte.

Será en los ejemplos de buenas prácticas docentes (apartado 3.4.) y de actividades, propuestos en el capítulo 4 de esta guía, donde se podrán ver casos concretos de aplicación en el laboratorio y el papel central de la combinación de conocimientos, habilidades y actitudes propios de la asignatura, materia y/o titulación.



## 2.2.1. «Aplicar el método científico para la resolución de problemas»

Del análisis de los diferentes tipos de laboratorios de Ciencias y Tecnología y desde una perspectiva multidisciplinar, el grupo de trabajo que ha elaborado esta guía ha considerado una competencia específica propia de este entorno formativo la siguiente: «Aplicar el método científico para la resolución de problemas».

Ésta es una competencia con la cual se pueden sentir identificadas las diversas materias y asignaturas que no se trabajan en los laboratorios de Ciencias y Tecnología, aunque sus componentes competenciales no siempre se darán en el mismo orden ni con la misma intensidad en todas y cada una de las materias, dada la gran divergencia entre ellas.

## 2.2.2. Componentes competenciales y elementos que forman parte de la competencia específica

Para facilitar la comprensión, el desarrollo y la evaluación de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas» en los laboratorios de Ciencias y Tecnología, se identifican una serie de componentes, llamados *componentes competenciales*, que se pueden observar en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1. Relación de los componentes competenciales y de los elementos que forman parte de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas»**

Componentes	Elementos
Medir/adquirir	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Adquirir datos, ya sean experimentales o de otra índole, necesarios para la realización de experimentos/proyectos/investigaciones.</li><li>■ Registrar y documentar, de manera sistemática y fiable, datos, resultados y condiciones del experimento/investigación/proyecto científicotecnológico.</li><li>■ Expresar correctamente datos y resultados.</li><li>■ Utilizar las herramientas de medida o los instrumentos necesarios para la realización de experimentos/proyectos/investigaciones.</li><li>■ Calibrar los instrumentos de medida necesarios para el experimento/proyecto.</li></ul>
Experimentar	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Plantear y comprobar hipótesis.</li><li>■ Aplicar de forma adecuada técnicas instrumentales o bien operaciones básicas de laboratorio que reconozcan los riesgos laborales y respondan adecuadamente.</li><li>■ Planificar, diseñar y ejecutar experimentos/prototipos/investigaciones/protocolos científicotecnológicos.</li><li>■ Tratar e interpretar correctamente los datos obtenidos en el laboratorio.</li><li>■ Representar gráficamente datos y resultados, e interpretar correctamente las representaciones elaboradas.</li><li>■ Analizar datos estadísticamente y valorar la fiabilidad de los resultados obtenidos.</li></ul>

Componentes	Elementos
<b>Modelizar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Proponer, plantear y escoger modelos matemáticos (analíticos y numéricos) que describan detalladamente los resultados experimentales.</li> <li>■ Calcular o estimar los parámetros del modelo escogido y ajustarlo a los datos.</li> <li>■ Establecer los límites del modelo, analizando y discutiendo la validez de los modelos (capacidad de extrapolación y de interpolación, influencia de factores o variables externos, etc.).</li> <li>■ Validar o verificar, mediante la observación/experimentación, los modelos propuestos.</li> </ul>
<b>Proyectar/predecir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Utilizar el modelo obtenido para hacer predicciones, simulaciones, cálculos, etc., en casos de interés.</li> <li>■ Establecer la confianza o la estabilidad de la predicción.</li> <li>■ Optimizar los medios y las condiciones para la ejecución del experimento/proyecto/investigación.</li> <li>■ Argumentar los resultados y extraer conclusiones.</li> </ul>
<b>Decidir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Asumir riesgos en función de la confianza en el modelo y las predicciones.</li> <li>■ Tomar decisiones en función de las conclusiones y de la viabilidad (técnica, económica, etc.) de las propuestas.</li> <li>■ Comunicar, exponer y defender las conclusiones y las decisiones tomadas.</li> </ul>

## 2.3. LA COMPETENCIA ESPECÍFICA «APLICAR EL MÉTODO CIENTÍFICO PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS».

### NIVELES COMPETENCIALES

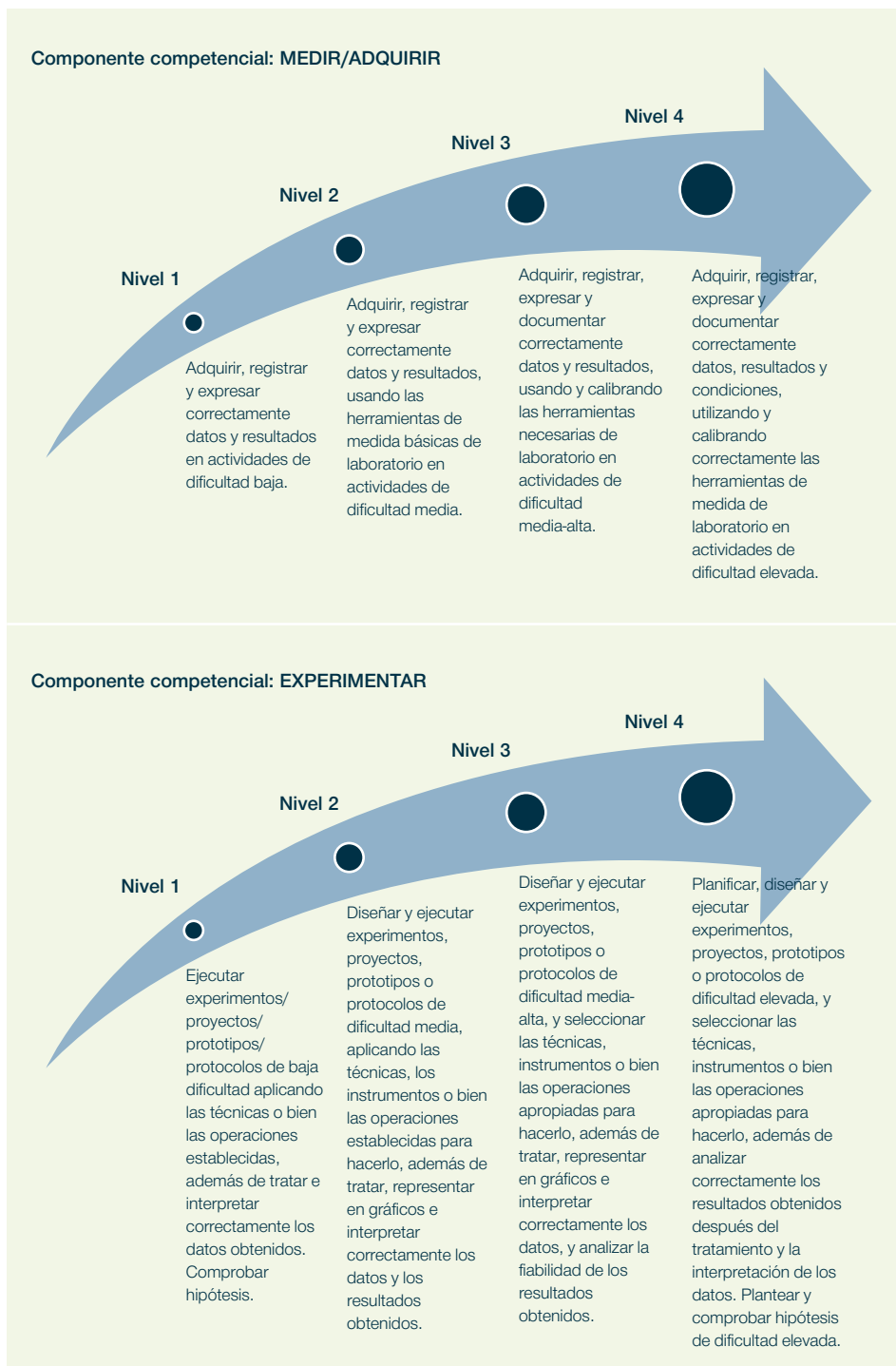
Antes de pasar a considerar los niveles definidos para el trabajo de la competencia específica, nombrados *niveles competencias*, hay que tener en cuenta una serie de consideraciones que nos permitirán una adaptación y un desarrollo más eficaz y eficiente en la realidad del aula de cada profesor y profesora:

1. Los niveles competenciales que se presentan en este documento pretenden ser un marco de referencia a partir del cual cada profesor o profesora puede trabajar en los laboratorios de Ciencias y Tecnología, adaptando cada uno de los ítems planteados a cada nivel a las características de la asignatura, actividad, grupo de alumnado, etc. De esta manera, hay que tener presente que se puede dar el caso de que en una determinada asignatura/materia/titulación la adquisición correcta de datos en el laboratorio se tenga que considerar un nivel inicial y, en otra asignatura/materia/titulación, esta adquisición de datos sea un aprendizaje propio de los niveles superiores.

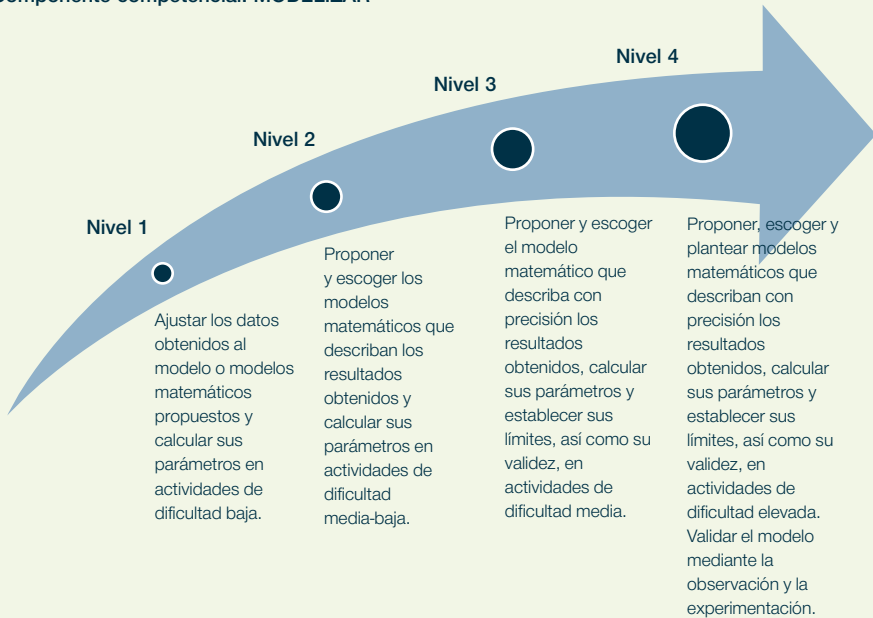
2. Las asignaturas y las actividades no necesariamente se sitúan en un único nivel en todos y cada uno de los componentes de la competencia, sino más bien al contrario, es muy probable que una asignatura trabaje diferentes niveles competenciales en función del componente de que se trate. Por ejemplo, se puede dar el caso de desarrollar en una misma asignatura el nivel 3 de «Medir», el nivel 2 de «Experimentar» y «Modelizar» y el nivel 1 de «Proyectar/predecir» y «Decidir». Por este motivo, cada profesor o profesora tiene que definir una rúbrica adaptada a las características y los objetivos definidos para su asignatura.
3. Los niveles competenciales que se presentan a continuación están dirigidos al profesorado, es decir, están pensados como un instrumento de medida para el docente, no para el alumnado ni de otros posibles agentes evaluadores. No obstante, estos niveles pueden dar orientaciones para la elaboración de instrumentos que permitan la autoevaluación y la coevaluación entre el alumnado: pueden servir para la elaboración de cuestionarios, escalas, etc., de autoevaluación y de coevaluación eficaces, siempre que estén orientadas al alumnado y a su capacidad de evaluación, recojan lo que el docente quiere que se evalúe y el grado en que quiere que se evalúe (medir, experimentar, etc.) y sean coherentes con la actividad y su contenido.
4. Los niveles competenciales responden a una secuencia progresiva en la capacidad de análisis, decisión e interpretación o, lo que es lo mismo, a una complejidad mayor de los aprendizajes que tiene que alcanzar el alumnado.

La figura 2.1. que aparece a continuación muestra, para cada componente competencial, los diferentes niveles de complejidad que forman parte de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas».

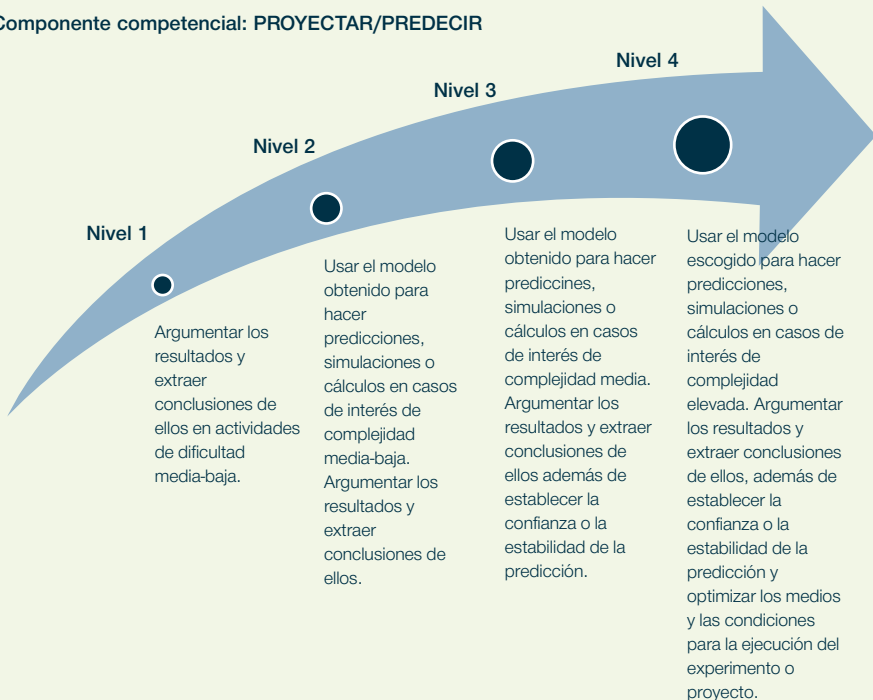
**Figura 2.1. Niveles de complejidad de los componentes de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas»**

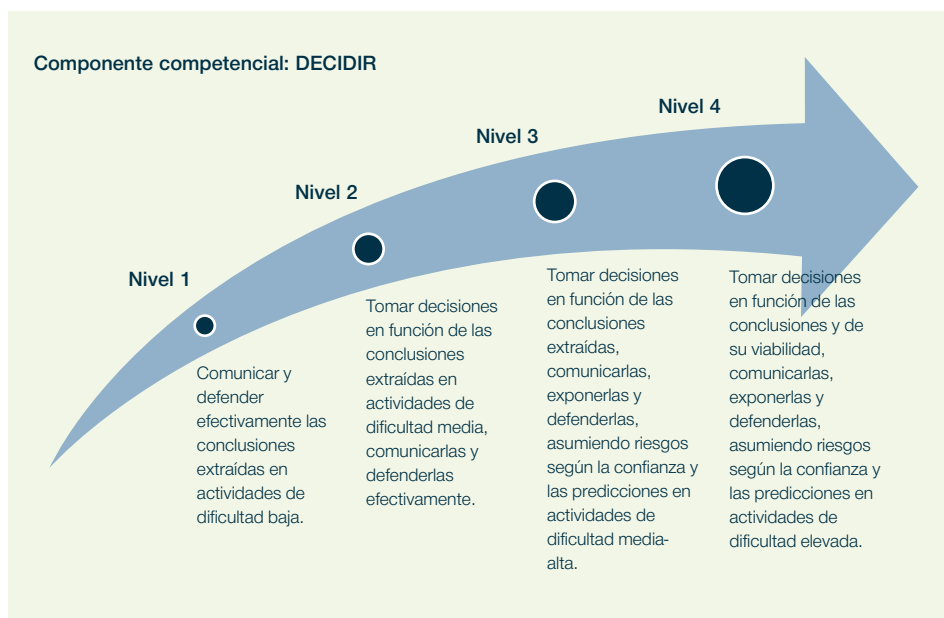


## Componente competencial: MODELIZAR



## Componente competencial: PROYECTAR/PREDECIR





## 2.4. ESTUDIO DE CAMPO: EL DESARROLLO DE LAS COMPETENCIAS GENÉRICAS EN LOS LABORATORIOS DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

Con el objetivo de identificar las competencias genéricas que el profesorado considera importante desarrollar en los laboratorios de Ciencias y Tecnología, así como las actividades que permiten el trabajo en el laboratorio, se diseñó un cuestionario,<sup>5</sup> al cual respondieron un total de 76 profesores de diferentes universidades españolas: Universidad Carlos III de Madrid, Universidad de Alcalá de Henares, Universidad de Málaga, Universidad de Zaragoza, Universidad Politécnica de Madrid, Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat de Barcelona, Universitat Jaume I y Universidad Politécnica de Valencia, y es mayoritario el número de respuestas obtenidas de la Universitat Politècnica de Catalunya.

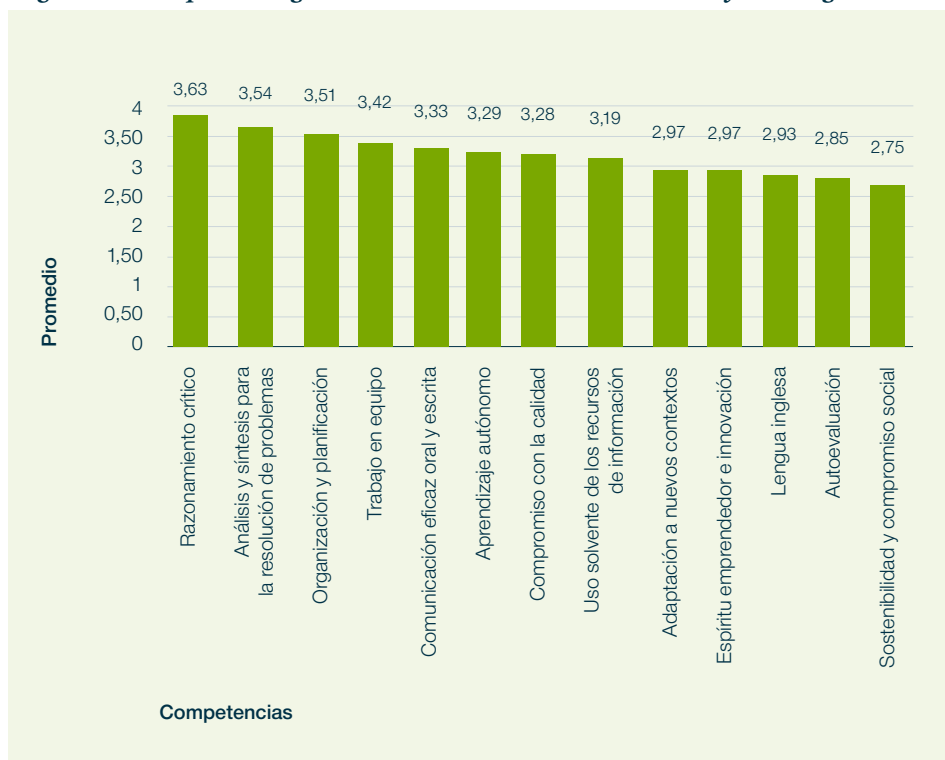
El cuestionario estaba compuesto por dos grupos de preguntas: el primero hacía referencia a las competencias genéricas que el profesorado de laboratorios de Ciencias y Tecnología considera importante desarrollar durante las sesiones de laboratorio, y el segundo grupo se centraba en las tareas/actividades que el alumnado tiene que llevar a cabo con el fin de adquirir las diferentes competencias genéricas propuestas en el cuestionario. A continuación se comentan los resultados obtenidos.

<sup>5</sup> Véanse el anexo 1, «Encuesta sobre competencias genéricas» y el anexo 2, «Resultados de la encuesta».

### 2.4.1. Competencias genéricas en los laboratorios de Ciencias y Tecnología

En la figura 2.2. se pueden observar las respuestas al primer grupo de cuestiones. El profesorado considera que las competencias genéricas que se tienen que trabajar más en los laboratorios de Ciencias y Tecnología son: el razonamiento crítico, el análisis y la síntesis para la resolución de problemas, la organización y la planificación.

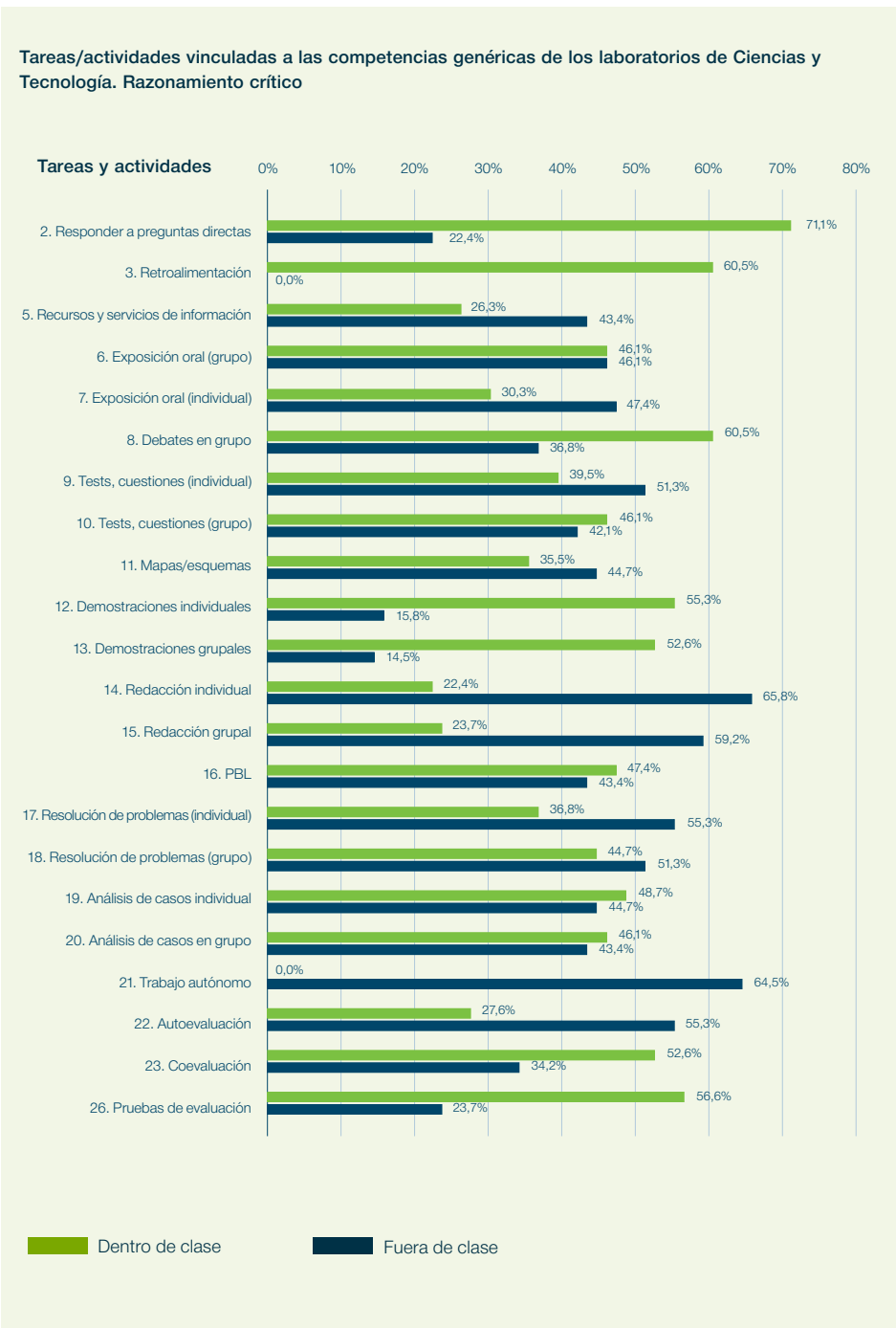
**Figura 2.2. Competencias genéricas en los laboratorios de Ciencias y Tecnología**



### 2.4.2. Tareas/actividades que desarrollan las competencias genéricas en los laboratorios

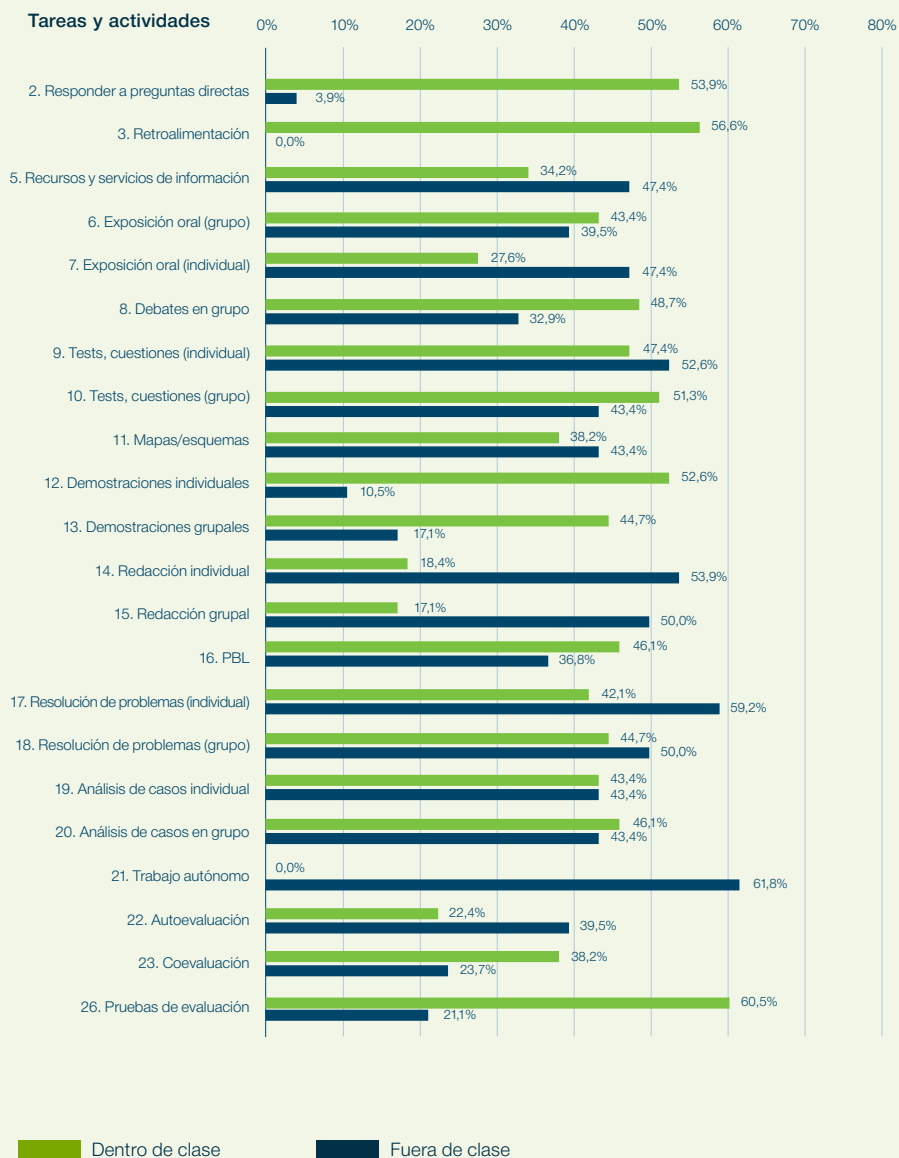
Las tareas/actividades que permiten el desarrollo de las tres competencias genéricas consideradas más importantes en los laboratorios de Ciencias y Tecnología, según el profesorado encuestado, y distribuidas en función de si se realizan dentro o fuera del laboratorio, quedan recogidas en la figura 2.3.

**Figura 2.3. Tareas/actividades que permiten el desarrollo de las competencias genéricas en los laboratorios**

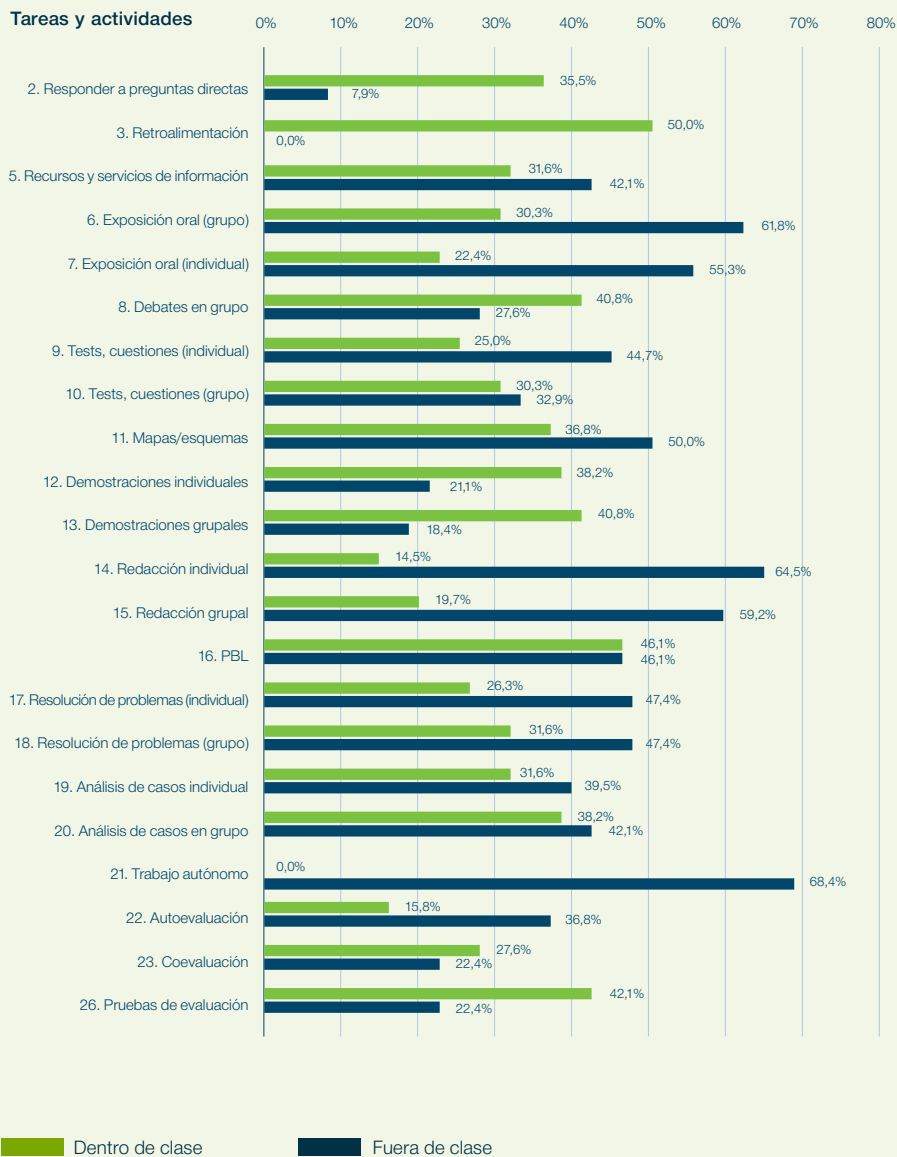




**Tareas/actividades vinculadas a las competencias genéricas de los laboratorios de Ciencias y Tecnología. Análisis y síntesis para la resolución de problemas**



**Tareas/actividades vinculadas a las competencias genéricas de los laboratorios de Ciencias y Tecnología. Organización y planificación**



Del análisis de los resultados se puede concluir que las tres competencias genéricas consideradas por el profesorado encuestado nos permiten fundamentar la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas», definida para el ámbito de los laboratorios de ciencia y tecnología, dado que ésta última integra, dentro de sus componentes competenciales, elementos y aspectos propios de las primeras.

Con relación a las tareas/actividades, es interesante observar que el trabajo autónomo, señalado como relevante por más del 60% del profesorado encuestado, es el elemento fundamental y diferenciador de la metodología (prelaboratorio y postlaboratorio) propuesta para la aplicación de la competencia específica. Por otra parte, tareas/actividades como el responder preguntas directas, la retroalimentación, la redacción individual y la exposición oral, también señaladas por el profesorado como importantes, quedan integradas a lo largo de esta guía en la metodología y la evaluación de la competencia específica de los ámbitos de los laboratorios de Ciencias y Tecnología.



# 3. CÓMO INTEGRAR Y EVALUAR LA COMPETENCIA ESPECÍFICA EN LOS LABORATORIOS DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

## 3.1. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE ACTIVIDADES

Todo proceso de planificación, de ejecución y de evaluación del proceso formativo es determinado por la perspectiva educativa en la cual se enmarca la titulación y el plan de estudios del cual forma parte, pero también adopta un carácter determinante por la visión del profesorado, es decir, su forma de concebir la educación y la idea de persona y de sociedad que quiere contribuir a formar en el marco del perfil consensuado colectivamente.

Actualmente, y cada vez con más intensidad, está adquiriendo fuerza una nueva perspectiva, surgida en los últimos tiempos desde el mismo ámbito de los laboratorios, que apuesta por una nueva visión que implica, necesariamente, un cambio en la concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje y en la forma como éste se desarrolla, así como en el rol que asumen los dos principales actores del proceso educativo: el profesorado y el alumnado.

Esta nueva corriente pedagógica o perspectiva pedagógica supone una serie de cambios con respecto a la forma como hasta ahora se ha desarrollado el proceso educativo en los laboratorios. La tabla 3.1., aportada por Graells (2007), que mencionan Johnson, Johnson y Holubec (1998), puede resultar muy esclarecedora con respecto a las implicaciones de esta nueva manera de plantear el proceso de enseñanza-aprendizaje en los laboratorios de Ciencias y Tecnología.

**Tabla 3.1. Resumen del cambio de paradigma para las asignaturas de experimentación**

<b>Factor</b>	<b>Paradigma antiguo. De la docencia en el laboratorio</b>	<b>Paradigma nuevo. De la docencia en el laboratorio</b>
<b>Objetivo</b>	Reproducir las medidas de científicos notables (quizás de hace mucho tiempo). Confirmar las leyes que pronunciaron.	Diseñar, ejecutar y gestionar un proyecto para adquirir, elaborar y comunicar conocimientos experimentales.
<b>Calificación</b>	Cuanto más próxima sea la medida al valor correcto, más alta será la calificación.	Cuanto más conocimientos se comuniquen al final, más alta será la calificación.
<b>Conocimiento</b>	Se imparte magistralmente en la clase de teoría. Se verifica en el laboratorio.	Se elabora en el laboratorio. Concuerda con la teoría (aprendida antes, después o durante).
<b>Alumnado</b>	Testigos y medidores de fenómenos preparados convenientemente.	Constructor activo y transformador del propio conocimiento. Tiene que tomar decisiones.
<b>Profesorado</b>	Ayuda al alumnado a obtener los resultados correctos y evita que cometa errores en el laboratorio. Se encarga de la «puesta en escena».	Ayuda al alumnado a obtener sus propias conclusiones y a aprender de los errores. Permite los errores si son didácticos.
<b>Horizonte</b>	Una sesión de laboratorio para encontrar el resultado correcto y «hacer bien la práctica». Los datos suelen ser estadísticamente insuficientes.	Todo un cuatrimestre para proyectar el experimento, recopilar los datos del resto de la clase y obtener más y mejores resultados.
<b>Contexto</b>	Equipos independientes y aislados que repiten la misma medida.	Formación conjunta de los grupos, que lideran proyectos dependientes y comparten los datos.
<b>Suposiciones</b>	Cualquier docente puede impartir las sesiones de prácticas (incluso, o mejor, los más jóvenes e inexpertos). Vigilar en el laboratorio es más fácil que impartir teoría.	La docencia en el laboratorio es compleja y pide mucha planificación. La preparación, la gestión y el seguimiento de proyectos de laboratorio requieren más tiempo que la clase magistral.

Fuente: Johnson *et al.* (1998).

Así pues, según Graells (2007), se plantea el laboratorio como una oportunidad para el aprendizaje que el profesorado tiene que convertir en un auténtico entorno de aprendizaje, en el que sea posible una formación integral que tenga en cuenta, entre otros aspectos, los contenidos dispersos de un conjunto de prácticas metodológicas y de evaluación. En el

apartado 3.4. se desarrolla más extensamente este modelo como un ejemplo de buenas prácticas. Para la integración, el desarrollo y la evaluación de la competencia específica propuesta en esta guía, nos hemos situado bajo esta perspectiva. No se considera que los laboratorios estén subordinados al servicio de sesiones de carácter más teórico, donde el alumnado aprende a aplicar una serie de recetas inicialmente preparadas por el profesorado, sino a entornos de aprendizaje en sí mismo, que contribuyen a otras materias o asignaturas y se alimentan mediante una retroalimentación, y donde el alumnado ha de poner en práctica, manipular, experimentar, descubrir, tomar decisiones, equivocarse, etc. En definitiva: aprender.

### **3.1.1. Planificación de las asignaturas para el desarrollo de la competencia específica**

Para la elaboración de una planificación de las materias o asignaturas coherente con lo que se espera que el alumnado haya aprendido y haya adquirido a lo largo de la titulación, es necesario especificar los aspectos siguientes, vinculados al mismo plan de estudios:

- Objetivos generales de la titulación.
- Competencias específicas propias de la titulación que tienen que ser trabajadas en la materia o asignatura.
- Competencias transversales o genéricas asumidas por la titulación que tienen que ser trabajadas en la materia o asignatura.
- Las otras materias o asignaturas que trabajan las mismas competencias (genéricas o específicas) y que en nuestro caso tenemos que desarrollar.
- Sistema metodológico general de la titulación.
- Sistema evaluador y de calificaciones establecido en la titulación.

La intervención del profesorado responsable de una determinada materia o asignatura en cuanto a la planificación de ésta empieza, una vez especificada la secuenciación de la titulación, considerando aspectos directamente vinculados a la materia o asignatura:

- Identificación, descripción y contextualización de la materia/asignatura, en función de su relación con la titulación y con el resto de disciplinas que la configuran.
- Descripción del contenido científico de la materia o asignatura, en función de su contribución al contenido de la titulación. En la determinación de este tipo de contenido es necesario que el docente se plantee la manera cómo se trabajará y su conexión con la práctica real, conexión que tendrá que quedar explícita de manera muy clara en cada una de las actividades que tiene que desarrollar el alumnado.
- Competencias genéricas y específicas a las cuales la materia contribuye, así como su nivel de complejidad.
- Establecimiento de objetivos y resultados de aprendizaje, en términos de lo que el alumnado ha de ser capaz de hacer al acabar el proceso formativo.

- Metodología de las actividades de aprendizaje, es decir, la relación de las actividades que, vinculadas al nivel competencial en que se sitúa la materia o asignatura y a través del trabajo de cada uno de los componentes competenciales, tienen que permitir adquirir la competencia.
- Explicitación del sistema de evaluación y de calificaciones que definirán el aprendizaje del alumnado sobre la materia/asignatura, y que necesariamente tienen que ser coherentes con los que hay establecidos en la titulación y con las materias/asignaturas relacionadas con la competencia específica.

Todas las decisiones que se tengan que tomar en cualquier momento del proceso de planificación se tienen que fundamentar en el contexto de la materia/asignatura (titulación, disciplina, tipo de laboratorio, institución, etc.), en el grupo de alumnado, en las competencias que hay que trabajar y, sobre todo, en las finalidades formativas de la materia y de la titulación.

La ficha de planificación de las materias/asignaturas para el desarrollo de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas» que se presenta a continuación puede ser un instrumento útil para la planificación de una materia o asignatura por competencias. Esta ficha permite al docente identificar, contextualizar y definir los elementos más importantes que caracterizarán y determinarán el desarrollo de la materia/asignatura y, también, reflexionar sobre las actividades que se plantearán en el laboratorio. Uno de los aspectos importantes es trabajar cada una de estas actividades y encontrar el equilibrio para desarrollar la competencia.

Para el desarrollo de la competencia, lo más importante no es el número de actividades que tiene que llevar a cabo el alumnado, sino lo que implica cada actividad para su aprendizaje y para la adquisición de la competencia. Así, se puede dar el caso de que en una materia o asignatura haya pocas actividades, pero que éstas sean de elevada complejidad al permitir el trabajo integral de los diferentes componentes de la competencia, mientras que en otra materia o asignatura se plantea un número elevado de actividades de carácter más sencillo para la introducción de los diferentes componentes de la competencia. La elección de unas actividades u otras se tiene que regir por la contribución al alumnado a la hora de adquirir el nivel competencial definido (apartado 2.3).

A fin de que puedan contribuir al desarrollo y a la adquisición de la competencia, las actividades tienen que ser necesariamente distribuidas durante la materia/asignatura, de manera que a lo largo del proceso formativo el grado de dificultad aumente: partiendo del nivel competencial inmediatamente inferior (excepto el nivel 1, en el que no hay ninguno previo) hasta los resultados esperados para el nivel competencial definido en la materia/asignatura.

En el momento de planificación del proceso formativo, sería muy interesante plantear un problema inicial estrechamente relacionado con la realidad profesional, a partir del cual converjan las diferentes actividades planteadas en la asignatura o materia.



## Ejemplos de planificación de actividades de la materia/ asignatura

En este primer ejemplo, que se muestra en la tabla 3.2, nos situamos en el nivel competencial 1. Hay que tener presente que este nivel inicial es, a menudo, el primer contacto del alumnado con la competencia específica.

**Tabla 3.2. Ejemplo sobre planificación de actividades**

Componentes competenciales		Actividades				
		Act. 1 Nombre	Act. 2 Nombre	Act. 3 Nombre	Act. 4 Nombre	Act. 5 Nombre
Nivel 1	Medir/adquirir	■	■	■	■	■
	Experimentar	■	■	■	■	■
	Modelizar				■	■
	Proyectar/predecir					■
	Decidir		■	■	■	■

- Nivel de dificultad de las actividades +

■ Actividades prelaboratorio   
 ■ Actividades durante el laboratorio   
 ■ Actividades postlaboratorio

Este ejemplo hace referencia a una asignatura en la que se prevé la realización de cinco actividades, con un grado de complejidad creciente. De éstas, sólo en la última se trabajarían los cinco componentes competenciales, mientras que en las otras se trabajan de dos (la actividad 1) a cuatro (la actividad 4) de los componentes. Por otra parte, es interesante observar que el trabajo de cada componente competencial se puede dar en diversos contextos o en diversas actividades. De esta manera, si nos fijamos en la actividad 1, tanto la medida y la adquisición de datos como la experimentación se producen durante el laboratorio, mientras que si analizamos la actividad 5, aunque la mayoría de las tareas se hacen durante el laboratorio, hay una parte significativa de prelaboratorio y de postlaboratorio. En este nivel competencial, el alumnado tiene que hacer gran parte del trabajo durante el laboratorio, ya que, al tratarse del primer contacto con la competencia, éste tiene que estar muy dirigido por el profesorado.

La tabla 3.3 muestra un ejemplo de planificación de una materia/asignatura en el ámbito de los laboratorios de Ciencias y Tecnología para el desarrollo de la competencia específica (nivel 3), en el cual se trabajan también todos los componentes competenciales, considerando una graduación en el nivel de dificultad de cada actividad y de autonomía del alumnado.

**Tabla 3.3. Ejemplo sobre planificación de actividades**

Componentes competenciales		Actividades				
		Act. 1 Nombre	Act. 2 Nombre	Act. 3 Nombre	Act. 4 Nombre	Act. 5 Nombre
Nivel 3	Medir/adquirir					
	Experimentar					
	Modelizar					
	Proyectar/predecir					
	Decidir					

- Nivel de dificultad de las actividades +

Actividades prelaboratorio   
 Actividades durante el laboratorio   
 Actividades postlaboratorio

Este segundo ejemplo, igual que el primero, se refiere a una asignatura que consta de cinco actividades. En este caso, en conjunto, las actividades incorporan los componentes de la competencia específica, pero con un grado de complejidad creciente en cada actividad y en diversos momentos del laboratorio: al principio, los componentes «modelizar» y «proyectar» se trabajan durante el laboratorio y, a continuación, se plantean como postlaboratorio. Como se trata de un nivel competencial elevado, las actividades requieren una alta implicación de aprendizaje autónomo del alumnado (prelaboratorio y postlaboratorio).

## Ficha de planificación de las materias/ asignaturas para el desarrollo de la competencia específica

A continuación se propone una ficha de planificación de la materia/asignatura para el desarrollo de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas».

### Datos generales

Titulación \_\_\_\_\_

Materia/asignatura \_\_\_\_\_

Curso/cuatrimestre \_\_\_\_\_

Nivel/es<sup>6</sup> competencial/es<sup>7</sup> \_\_\_\_\_

### Datos específicos de la asignatura o materia

#### Descripción/contextualización

Hay que identificar la materia/asignatura y su contribución a la titulación.

#### Competencias que desarrolla la materia/asignatura

En este apartado hay que especificar las competencias genéricas y específicas establecidas por la titulación que la materia/asignatura contribuye a desarrollar.

#### Contenidos propios de la materia/asignatura

Hay que considerar que estos contenidos pueden estar vinculados a la disciplina y/o a las competencias genéricas y, al mismo tiempo, tienen que quedar reflejados en los objetivos y los resultados de aprendizaje.

#### Objetivos y resultados de aprendizaje

Para cada una de las competencias definidas en el apartado anterior y en función del nivel competencial de cada una, hace falta especificar los resultados de aprendizaje que se esperan del alumnado e integrar los contenidos propios de la asignatura.

#### Metodología

De forma general hay que indicar la metodología a partir de la cual se trabajarán los contenidos y se desarrollarán las competencias definidas. Todas y cada una de las actividades definidas posteriormente tienen que ser coherentes con esta metodología.

<sup>6</sup> Se puede dar el caso de que en una determinada materia/asignatura se trabajen diferentes niveles competenciales. En este caso, se tienen que especificar tanto en el apartado de datos generales como en el de planificación de actividades. En este último apartado se tiene que ampliar la parrilla con otro nivel, en el que se indiquen los componentes que se trabajan a lo largo de la materia o asignatura, pero no se tienen que reflejar necesariamente todos los componentes de cada nivel.

<sup>7</sup> Para el establecimiento del nivel competencial, el docente tiene que determinar, en función de la clasificación realizada en el apartado 2.3 de esta guía, el nivel competencial en que se sitúa su materia o asignatura y, a partir de aquí, definir los otros apartados que se indican en la ficha.

### Sistema de evaluación y calificación

A menudo, las actividades de evaluación sirven, por una parte, para evaluar los aprendizajes adquiridos (con la consiguiente calificación en la nota final) y, por otra parte, para comprobar el desarrollo de la competencia específica en su nivel competencial, proporcionando una retroalimentación al alumnado para valorar y mejorar el proceso. La evaluación de la competencia no tiene que ir asociada necesariamente a un peso en la calificación final, pero sí que tendría que ir acompañada de una valoración cualitativa del grado de adquisición del nivel competencial, establecido en esta guía a través de las rúbricas de cada nivel.

Planificación de actividades de la asignatura o materia							
Componentes competenciales	Actividades						
	Act. 1 Nombre	Act. 2 Nombre	Act. 3 Nombre	Act. 4 Nombre	Act. 5 Nombre	Act. 6 Nombre	Act. n Nombre
Nivel	Medir/adquirir						
	Experimentar						
	Modelizar						
	Proyectar/predecir						
	Decidir						

- Nivel de dificultad de las actividades +

### 3.1.2. Diseño de actividades para el desarrollo de la competencia específica

Una vez planificada la materia/asignatura, según los apartados anteriores, es el momento de diseñar las actividades de aprendizaje que tienen que permitir alcanzar los objetivos y desarrollar las competencias definidas en el marco de la materia o asignatura.

Durante el proceso de diseño de las actividades de aprendizaje hay que dedicar una especial atención a considerar:

- El momento en que se sitúa la actividad concreta, en relación con el resto de actividades, para el trabajo gradual del nivel competencial establecido en la materia o asignatura.
- Su pertenencia, importancia y contribución al aprendizaje del alumnado y a la adquisición del nivel de la competencia definido en la materia (en los diferentes componentes competenciales).
- Su coherencia con la metodología y el sistema de evaluación y calificación previstos, tanto para el desarrollo de la materia o asignatura como de la misma actividad.
- De qué momentos se compone la actividad, en función de los objetivos inherentes a las tareas de prelaboratorio, durante el laboratorio y postlaboratorio.<sup>8</sup>
- La situación de la actividad dentro de un contexto real.

Concretamente, diseñar las actividades de aprendizaje implica definir toda una serie de elementos:

- Identificar los contenidos que se tratarán durante la actividad.
- Definir los objetivos y los resultados de aprendizaje, tanto los que hacen referencia a los propios de la actividad como los que están vinculados al aprendizaje de la competencia, específicamente al nivel competencial concreto. Su definición tiene que ser de acuerdo con los objetivos y los resultados de aprendizaje establecidos o bien con la materia/asignatura.
- Planificar el conjunto de tareas que el alumnado tiene que llevar a cabo durante los diferentes momentos de la actividad (prelaboratorio, durante el laboratorio y postlaboratorio), tomando siempre como referencia los objetivos y los resultados de aprendizaje establecidos.
- Determinar el tiempo de dedicación que el alumnado necesita para el desarrollo de la actividad.
- Definir las estrategias y los instrumentos a partir de los cuales se elaborará la evaluación de las evidencias generadas por el alumnado, tanto con respecto a la competencia específica de laboratorio (si conviene evaluarla) como respecto a los aprendizajes más vinculados al trabajo de los contenidos y los conocimientos propios de la disciplina.

---

<sup>8</sup> Los objetivos vinculados a los diferentes momentos del laboratorio se describen en el apartado 3.2.2 de esta guía.

- Establecer los criterios de evaluación a partir de los cuales se evaluarán y se valorarán, por una parte, los aprendizajes realizados y, por otra, la adquisición del nivel competencial. En este último término hay que tener presente que la competencia tiene que ser evaluada con una finalidad formativa<sup>9</sup> a lo largo de todo el proceso educativo; con este objetivo, el docente tiene que establecer los criterios a partir de los cuales determinará el grado de consecución del nivel competencial establecido previamente.<sup>10</sup>

Todos estos elementos quedan recogidos en la ficha de diseño de actividades para el desarrollo de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas», la cual puede ir acompañada de materiales, documentación o bibliografía específica y ser facilitada al alumnado.

---

<sup>9</sup> En el apartado 3.3.1 de esta guía se aporta más información sobre la finalidad formativa de la evaluación.

<sup>10</sup> Para establecer los criterios a partir de los cuales se determina la consecución o no consecución del nivel competencial, el docente puede hacer uso de las rúbricas que aporta esta guía, en el apartado 3.3.5.

## Ficha de diseño de actividades para el desarrollo de la competencia específica

A continuación se propone una ficha para diseñar actividades para el desarrollo de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas».

### Datos generales de la actividad

Materia/asignatura:

Nivel competencial:

Componentes de la competencia:<sup>11</sup>

Nº de actividad:<sup>12</sup>

Nombre de la actividad:

Tiempo de dedicación del alumnado a la actividad:

Prelaboratorio: \_\_\_ horas

Durante el laboratorio: \_\_\_ horas

Postlaboratorio: \_\_\_ horas

### Desarrollo de la actividad

#### Contenidos que se trabajan en la actividad

#### Objetivos y resultados de aprendizaje

En su definición han de ser coherentes con los objetivos y los resultados de aprendizaje establecidos para la materia/asignatura y con el nivel competencial en el que se sitúa la actividad.

*Objetivos y resultados de aprendizaje propios de la actividad:*

*Objetivos y resultados de aprendizaje de las competencias (de acuerdo con el nivel competencial):*

#### Metodología de la actividad

En este apartado hay que describir el proceso de prelaboratorio, durante el laboratorio y de postlaboratorio, que permitirá al alumnado trabajar la competencia, teniendo en cuenta siempre la coherencia con los objetivos y los resultados de aprendizaje establecidos y con el nivel competencial en el que se pretende trabajar.

#### Evaluación: estrategias, instrumentos, criterios y clasificación

La elaboración de este apartado tiene que ser coherente con los objetivos y los resultados de aprendizaje, con el nivel de la competencia y con la metodología definida en esta misma ficha. Con respecto a la calificación, hay que tener en cuenta la dedicación que esta actividad requiere para el alumnado y su contribución al aprendizaje en relación con las otras actividades que configuran la materia/asignatura, y hay que especificar el peso que tiene en la calificación final del alumnado.

<sup>11</sup> Los componentes competenciales deben corresponder con los que hay establecidos para esta actividad en la ficha de planificación de las materias/asignaturas para el desarrollo de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas».

<sup>12</sup> El número de la actividad debe corresponder con el número de la secuencia establecido en la ficha de planificación de las materias/asignaturas para el desarrollo de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas».

Sería aconsejable incorporar en esta ficha un apartado llamado «Propuestas de mejora», en el que el docente pueda introducir las propias valoraciones y las del alumnado sobre el desarrollo de la actividad e incluir posibles mejoras y adaptaciones de la actividad para contribuir a una mejora del aprendizaje que al mismo tiempo permita alcanzar con más eficacia los objetivos y los resultados de aprendizaje establecidos.

Por otra parte, también es aconsejable que, al acabar el diseño de las diferentes actividades que formarán la materia o asignatura, el profesorado recoja la información más general relativa a éstas en un plan de trabajo o una guía para el alumnado, con la finalidad de que el alumnado conozca el conjunto y el contenido de las actividades que tendrá que desarrollar durante la materia, la carga de trabajo que le supondrá (contabilizado en créditos ECTS) y el sistema mediante el cual será evaluado de cada una.<sup>13</sup>

### 3.2. METODOLOGÍA

Definir la metodología propia de la materia o asignatura consiste en determinar el procedimiento mediante el cual se trabajarán los contenidos, se integrarán los aprendizajes y se desarrollarán las competencias definidas previamente. Eso implica que, necesariamente, todas y cada una de las actividades que se definan posteriormente han de ser coherentes con la metodología de la materia o asignatura.

La metodología se refiere a cómo se desarrollará el proceso de enseñanza-aprendizaje que tiene que permitir al alumnado alcanzar los objetivos y adquirir las competencias establecidas.

Teniendo en cuenta los elementos mencionados en el apartado 3.1.1 sobre planificación de materias de esta misma guía, la determinación de la metodología que se seguirá durante una materia/asignatura se debe regir por los criterios siguientes:

- Coherencia con los objetivos generales y competencias genéricas y específicas definidas para la titulación, así como con las orientaciones metodológicas y de evaluación propias del plan de estudios.
- Coherencia con los contenidos, objetivos, resultados de aprendizaje y sistema de evaluación de la materia/asignatura.

Sin embargo, también es muy importante considerar el contexto formativo en el que nos situamos, y por eso hay que tener en cuenta un tercer criterio:

- Coherencia con el marco educativo europeo y con el paradigma de trabajo en los laboratorios.

---

<sup>13</sup> En el anexo 3, «Guía de actividades de una asignatura de experimentación en Ingeniería Química», se puede observar un modelo de guía del alumnado, dirigido al alumnado de una asignatura de laboratorio.



No obstante, ¿cómo se puede desarrollar en el aula una metodología coherente con el marco educativo europeo y con el paradigma de trabajo en los laboratorios? La clave se encuentra en plantear el laboratorio de manera que el alumnado, necesariamente, se tenga que implicar, y actualmente hay toda una serie de estrategias que permiten al profesorado desarrollar en el aula una metodología activa. Un claro ejemplo lo encontramos en el aprendizaje cooperativo (Johnson; Johnson; Stanne, 2000) y en el aprendizaje basado en proyectos o problemas (Gibels; Dochy; Van den Bossche; Segers, 2005), los cuales pueden desarrollarse como actividades aisladas, pero también pueden integrarse como una metodología propia de la materia o asignatura.

En el capítulo 4 de esta guía se incorporan ejemplos de actividades al servicio de una metodología activa, orientada a las directrices europeas y al nuevo paradigma formativo en el ámbito de los laboratorios de Ciencias y Tecnología.

### **3.2.1. Cambios metodológicos para aumentar la eficacia en los laboratorios de Ciencias y Tecnología**

Diversos autores coinciden en afirmar que hay una falta de integración de los laboratorios de ciencias en el contexto de las materias/asignaturas universitarias, incluso se podría hablar de la poca eficacia de estas actividades en el proceso de aprendizaje del alumnado. El motivo de esta aparente contradicción se podría encontrar en el hecho de que, generalmente, los objetivos y los resultados que espera obtener el alumnado en las sesiones de laboratorio no son bastantes explícitos. Además, la metodología utilizada, generalmente, no es la más adecuada para motivar al alumnado, de manera que se pierde la potencialidad de estas sesiones como elemento clave en la formación de profesionales (Hofstein; Mamlok-Naaman, 2007).

Dentro de este contexto, Bennet y O'Neale (1998) destacan, como principales limitaciones de los laboratorios de ciencias, los aspectos siguientes:

1. El alumnado no tiene la opción de participar en el diseño de los experimentos, sino que más bien recibe un material con el que, siguiendo una «receta», tiene que desarrollar un procedimiento con el fin de alcanzar un resultado, que puede ser un dato o un producto físico. Esta metodología «tradicional» transmite al alumnado la sensación de que el único hito es alcanzar un resultado y que sólo obtendrá una buena valoración si este resultado es «correcto».
2. La limitación del tiempo disponible para el desarrollo de la experiencia hace que a menudo el alumnado sólo tenga opción de «hacer» y no se pueda entretener en «aprender». Esta situación se agrava todavía más cuando el laboratorio no es, en sí mismo, una asignatura, sino que es sólo una parte aislada de una materia, ya que entonces se da una mera comprobación de conocimientos o una sesión de utilización de equipamientos de laboratorio.

Los mismos autores plantean que las dos limitaciones se podrían resolver si la información proporcionada al alumnado fuera limitada, de manera que se le forzara a buscar parte de lo que necesita para el desarrollo del experimento. Otra actividad que mejora la motivación consiste en dividir un experimento en diferentes etapas, con hitos de corto alcance, de manera que el alumnado se involucre progresivamente y adopte un rol de investigador novel, responsabilizándose de la propia consecución de resultados. La primera etapa no tiene que consistir sólo en leer notas o manuales, sino que hace falta la implicación desde el primer momento, y eso se consigue con actividades de prelaboratorio que formen parte de un encargo concreto y esencial para el desarrollo correcto de una tarea global. Los autores concluyen con algunas recomendaciones a la hora de desarrollar una actividad de laboratorio: seleccionar los conceptos teóricos asociados a cada tarea, incorporar las competencias de forma lógica y coherente, e introducir actividades de prelaboratorio y de postlaboratorio para dinamizar la actividad del alumnado.

Johnstone y Al-Shuaili (2001) coinciden en que un aspecto primordial es concretar los objetivos, es decir, especificar qué se pretende enseñar en el laboratorio, qué estrategias se tienen que aplicar y cómo se tienen que relacionar con los objetivos. La manipulación, la observación, la habilidad para interpretar las observaciones y el diseño de experimentos son cuatro objetivos que recogen mayoritariamente los resultados que espera obtener el alumnado. Ahora bien, lo más habitual, en el aprendizaje «tradicional», es que el alumnado ni manipule ni diseñe la experimentación, de manera que sólo recurre a dos de estos objetivos: la observación y la interpretación. En relación con la limitación de tiempo, mencionada antes, los autores sugieren que la planificación del experimento la tendría que desarrollar el alumnado, de manera previa a la sesión y consensuada en grupo. Esta actividad acercaría al alumnado al rol de equipo de investigación.

Con respecto a la falta de coherencia de los objetivos, concretamente en los laboratorios de ingeniería, los autores Fiesel y Rosa (2005) indican que éste es el principal motivo por el cual las actividades de laboratorio no son eficaces en el proceso de aprendizaje. Destacan la aplicación de instrumentación, la modelización para predecir comportamientos reales, la experimentación que tiene en cuenta los procedimientos y la interpretación de datos para caracterizar el sistema, el análisis de datos para argumentar las conclusiones, el diseño según especificaciones requeridas y otros aspectos relacionados con competencias genéricas, como aprender de los errores, seguridad y riesgos, trabajo en equipo, creatividad, comunicación y ética en los laboratorios. Otro motivo que justificaría el desencanto con estas actividades de laboratorio iría vinculado a la falta de innovación, situación que se podría paliar mediante el uso de las TIC y herramientas virtuales. En este contexto, proponen la incorporación de simulaciones y software específico como actividades de prelaboratorio, que podrían familiarizar al alumnado con los equipamientos de laboratorio y, por lo tanto, acercarlo a los laboratorios reales. De esta manera, el alumnado se convierte en un investigador novel y el lugar donde éste aprende y se desarrolla ya está en el mismo laboratorio.

En la misma línea de innovación y de actividades de prelaboratorio encontraríamos el trabajo publicado recientemente por Llorens (2008), el cual aplica actividades de prelaboratorio en laboratorios de ingeniería química, mediante la plataforma interactiva Poliforma T. El objetivo

principal de la propuesta de Llorens es aumentar el nivel de autonomía del alumnado en el trabajo del laboratorio, creando un ambiente de aprendizaje en un entorno de investigación muy diferente al del laboratorio de «seguimiento de recetas». Al mismo tiempo, consigue aumentar la integración del contenido de la materia, lo cual hace que se estreche la relación ciencia-tecnología-sociedad-entorno. Esta plataforma sustituye las lecturas que habitualmente se aconsejan como actividades previas de laboratorio (prelaboratorio). La actividad consiste en lo siguiente: un objeto de aprendizaje (Polimedia), en el que se crea un contenido multimedia formado por un vídeo sobre los objetivos y los aspectos importantes que hay que introducir en las sesiones de laboratorio y por los cuestionarios de autoaprendizaje en línea.

Otros autores comparten las mismas ideas sobre la introducción de actividades previas, y también hay que destacar algunos que incluyen, además de las actividades de prelaboratorio, las de postlaboratorio. Así, Reid y Shah (2007), en un trabajo sobre laboratorios de química, comentan las ventajas que las actividades de prelaboratorio ofrecen al alumnado y destacan el efecto estimulador que pueden tener por el hecho de que posibilitan la reflexión sobre los conceptos previos, ofrecen la posibilidad de planificar procedimientos, instrumentación y/o reactivos, a la vez que permiten establecer puentes entre el laboratorio y la teoría. Eso reduce notablemente los contenidos y la utilidad de los manuales o los guiones de laboratorio. Estos autores destacan la importancia de la originalidad y la innovación en los planteamientos de los trabajos propuestos y también el hecho de que hay que fomentar que los resultados obtenidos induzcan a la discusión posterior entre miembros del grupo y, si conviene, al debate. En este contexto, los autores plantean actividades de postlaboratorio y descartan las que no tienen ningún valor añadido para el alumnado, ya que sólo suponen una calificación. Así, por ejemplo, proponen actividades que impliquen una nueva aplicación, en el mundo real, de los resultados concretos obtenidos en el laboratorio, con la idea de completar la actividad y no dejarla sólo en un proceso que proporcione una calificación. Como conclusión, destacan que es importante incorporar la «química real» y que para cambiar las experiencias no hay que cambiar el experimento, sólo el sujeto (el alumnado). Las actividades de prelaboratorio permiten al alumnado aprovechar mejor el tiempo en el laboratorio, mientras que las actividades de postlaboratorio hacen que el alumnado razone y encuentre aplicaciones a los resultados obtenidos.

McDonnell (2007) propone la incorporación del aprendizaje basado en proyectos (PBL) mediante el desarrollo de miniproyectos como alternativa a las prácticas «tradicionales». Esta experiencia, llevada a cabo con un grupo de estudiantes de segundo curso, reveló un incremento de la participación y un notable aumento del interés y de las actividades de reflexión sobre los resultados obtenidos. Las actividades de prelaboratorio propuestas se basan en la investigación de información por Internet (información general, riesgos, procesos experimentales, etc.), además de la elaboración de un plan de trabajo que el alumnado tiene que aplicar durante la fase de laboratorio, identificando problemas y buscando soluciones con el fin de poder finalizar la tarea. De esta manera, antes de realizar la experiencia en el laboratorio, el alumnado debe pensar cómo y qué tiene que hacer, y responsabilizarse de los resultados esperados. Después del trabajo de laboratorio, el alumnado tiene que entregar sus puntos de vista y sus reflexiones sobre la tarea hecha,

identificar los cinco aspectos más positivos y los cinco más susceptibles de mejora de todo el proceso y llenar un cuestionario de satisfacción. Toda la experiencia, en conjunto, resultó muy positiva, dado que les ha permitido aproximarse notablemente a las propuestas realizadas en proyectos de laboratorio reales.

Hay que destacar la publicación de Domin (2007), a través de la cual describe la experiencia de un mismo grupo de alumnos después de haber participado de manera consecutiva en dos ambientes diferentes de laboratorio: uno, basado en la resolución de problemas, y el otro, de formato más tradicional, pero los dos con actividades de prelaboratorio, durante el laboratorio y de postlaboratorio. Después de realizar una encuesta de satisfacción para recoger la opinión del alumnado, el 47% no encuentra diferencias en la efectividad de los dos laboratorios, pero sí con respecto al momento en el que el alumnado tiene la percepción de que el aprendizaje es más significativo. En el laboratorio basado en problemas se cree que se aprende más durante la planificación del experimento y la ejecución; en cambio, en el laboratorio tradicional, se cree que se aprende más después de haber completado la actividad, cuándo se reflexiona sobre lo que se ha hecho. Domin concluye, por lo tanto, que en un laboratorio tradicional es primordial ofrecer oportunidades a las actividades de postlaboratorio para dar la opción al alumnado de reflexionar y argumentar.

Teniendo en cuenta todas estas aportaciones, una de las conclusiones a las cuales se llega es que una manera sencilla de mejorar la eficacia del aprendizaje en los laboratorios consiste en introducir actividades de prelaboratorio y de postlaboratorio. Este hecho permite dar opción a la participación activa del alumnado en la planificación del experimento (prelaboratorio) y generar oportunidades que permitan consolidar el aprendizaje (postlaboratorio).

### **3.2.2. Objetivos de los diferentes momentos de las actividades en los laboratorios de Ciencias y Tecnología**

Para la planificación de las actividades dentro del laboratorio, hay que considerar los objetivos inherentes a cada momento. Al mismo tiempo, es importante considerar que las actividades que ponen el acento en el tiempo de laboratorio tendrían que estar más concentradas en asignaturas de primer nivel competencial, mientras que las actividades con un peso destacado en tareas vinculadas al postlaboratorio y que, por lo tanto, potencian fuertemente el aprendizaje autónomo del alumnado, tendrían que incorporarse, sobre todo, en asignaturas que trabajen el tercer y el cuarto niveles competenciales. El trabajo de laboratorio a lo largo de la titulación tiene que ir de actividades más dirigidas por el profesorado a actividades que impliquen necesariamente el trabajo autónomo del alumnado en los últimos niveles.

A continuación se detallan los objetivos principales desde el punto de vista del profesorado y del alumnado en función del momento de las actividades de los laboratorios:

## **Prelaboratorio**

### ***Del profesorado:***

1. Identificar cuáles son los conocimientos que tiene el alumnado sobre un determinado tema.
2. Plantear el problema en el cual se basa el trabajo en el laboratorio, contextualizándolo en el marco científico, tecnológico o social correspondiente.
3. Promover la reflexión sobre los contenidos que después serán trabajados en el laboratorio.
4. Adelantar el trabajo de laboratorio para favorecer el trabajo autónomo del alumnado.
5. Introducir aspectos metodológicos específicos relativos al diseño experimental.

### ***Del alumnado:***

1. Especificar los resultados de aprendizaje esperados del trabajo en el laboratorio relativos al problema planteado.
2. Reflexionar y/o evaluar el propio conocimiento sobre la temática que se trabajará.
3. Identificar cuestiones o dudas sobre los contenidos o los procedimientos con los que se desarrollará la actividad.
4. Visualizar (y planificar o diseñar, si conviene) el trabajo que se tiene que llevar a cabo y el papel que hay que asumir.
5. Favorecer la adquisición de competencias genéricas (normas de seguridad, trabajo en equipo, comunicación escrita, utilización solvente de los recursos de información, etc.), además de la específica de laboratorio.

## **Durante el laboratorio**

### ***Del profesorado:***

1. Adaptar las sesiones en función de la información obtenida en el momento del prelaboratorio.
2. Plantear las posibles dudas en el laboratorio y resolverlas junto con el alumnado.
3. Observar y registrar el desarrollo de las tareas en el laboratorio.
4. Introducir acciones para la reconducción de las sesiones en función de la retroacción recibida por el alumnado.
5. Ayudar al alumnado a establecer objetivos y planificar actuaciones para mejorar el aprendizaje.

6. Favorecer la adquisición de competencias genéricas (normas de seguridad, higiene y medio ambiente, trabajo en equipo, comunicación oral y escrita, etc.), además de la específica de laboratorio.

#### ***Del alumnado:***

1. Asumir el papel de agente activo y de protagonista durante la actividad, lo cual le permitirá acercarse al mundo profesional.
2. Plantear dudas o preguntas sobre el contenido, el diseño o el procedimiento de la actividad.
3. Desarrollar las acciones apropiadas para la realización de las actividades de laboratorio.
4. Analizar el grado de consecución de las acciones planificadas.
5. Evaluar el propio proceso de aprendizaje (autoevaluación) en relación con la competencia, identificando carencias y potencialidades.
6. Evaluar el trabajo realizado por los compañeros y compañeras (coevaluación) en relación con la competencia, identificando carencias y potencialidades en los otros.
7. Planificar acciones que le permitan alcanzar los objetivos y los resultados de aprendizaje de la actividad/asignatura, etc.

#### **Postlaboratorio**

#### ***Del profesorado:***

1. Facilitar la consolidación y la reflexión sobre el aprendizaje de los contenidos trabajados durante las etapas anteriores.
2. Fomentar el trabajo en equipo mediante discusiones y debates sobre los diferentes resultados obtenidos durante las actividades de laboratorio.
3. Obtener información sobre el aprendizaje adquirido, identificando errores en el aprendizaje del alumnado.
4. Evaluar los resultados de aprendizaje o evidencias del alumnado sobre la actividad/asignatura.
5. Rediseñar y replanificar las actividades en función de la información obtenida a través de la retroacción del alumnado y de la evaluación de la asignatura.
6. Asignar una calificación a cada estudiante en función del trabajo y la evaluación realizados durante todo el proceso formativo.
7. Favorecer la adquisición de competencias genéricas (trabajo en equipo, comunicación oral y escrita), aparte de la específica de laboratorio.

### ***Del alumnado:***

1. Argumentar las conclusiones obtenidas durante la actividad.
  2. Extrapolar los conocimientos adquiridos hacia otra situación del mundo profesional.
  3. Constatar el aprendizaje de los contenidos trabajados.
  4. Evaluar el propio proceso de aprendizaje (autoevaluación).
  5. Identificar carencias y puntos débiles con el fin de remediarlos.
  6. Identificar puntos fuertes con el fin de potenciarlos en el futuro.
  7. Tomar decisiones relativas al trabajo desarrollado.
  8. Evaluar el proceso de aprendizaje de los compañeros y compañeras (coevaluación), si conviene.
- 

## **3.3. EVALUACIÓN**

La evaluación debe constituir un proceso continuo a lo largo de la formación mediante el cual el profesorado recoge una serie de evidencias, a través de unos instrumentos elaborados con esta finalidad, con información válida y fiable que le ha de permitir valorar el grado de adquisición de la competencia por el alumnado. La información recogida durante este proceso de evaluación permitirá tomar decisiones orientadas a la mejora del proceso formativo y a la calidad del aprendizaje del alumnado (Villardón, 2006).

No obstante, formar en competencias en el contexto universitario actual implica dar un paso más en la evaluación, significa integrar la misma evaluación en el mismo proceso de adquisición de la competencia (Biggs, 2006). El alumnado debe ser consciente de dónde ha de llegar (los objetivos y los resultados de aprendizaje definidos) y cómo lo tiene que hacer (metodología que hay que seguir y actividades que hay que llevar a cabo), pero también tiene que ser consciente de cómo lo está haciendo y qué debe cambiar de su actuación. Eso no es otra cosa que iniciar procesos de análisis y de evaluación individuales que le permitan introducir en el propio aprendizaje mecanismos reguladores necesarios para alcanzar los objetivos propuestos y así adquirir la competencia.

Por lo tanto, evaluar por competencias se tiene que constituir como un proceso inherente a la formación, un elemento básico de toda relación enseñanza-aprendizaje.

De esta manera, nos centraremos en la finalidad que ha de tener la evaluación de competencias en el contexto europeo (De Miguel, 2005; Delgado, 2005) y en el nuevo paradigma de la formación en los laboratorios. Se identificarán los agentes que tienen que formar parte de la evaluación de la competencia y se analizarán los diferentes instrumentos de evaluación y las evidencias, que pueden ser de utilidad para determinar el grado de consecución del nivel correspondiente de la competencia específica por el alumnado.

### 3.3.1. Finalidad de la evaluación en el laboratorio de Ciencias y Tecnología

Esta guía no prevé la evaluación como una actuación docente que se desarrolla al finalizar la formación y que tiene sólo como objetivo la certificación de un nivel de conocimientos o la acreditación del alumnado. Aunque esta llamada evaluación sumativa continúa formando parte de la evaluación, la relación con los otros elementos que son parte del proceso de evaluación le da un carácter diferente.

La evaluación formativa de las competencias se entiende como un proceso que tiene que permitir al alumnado saber cómo aprende, qué ha aprendido, qué le falta por aprender y aplicar los mecanismos correctores que le permitan mejorar continuamente el proceso de aprendizaje (Morales, 2008).

De esta manera, el docente tiene que diseñar y planificar a lo largo del proceso formativo toda una serie de:

- Actividades de evaluación que permitan desarrollar y observar las competencias.
- Evidencias de los resultados de aprendizaje durante el proceso de formación de cada estudiante.
- Instrumentos de evaluación para recoger información sobre el grado de competencia alcanzado.
- Sistemas de retroalimentación de calidad que permitan al alumnado saber en qué momento del proceso formativo se encuentra.

No obstante, antes de la evaluación formativa, la evaluación diagnóstica ofrece al docente la posibilidad de saber en qué situación se encuentra el alumnado antes de iniciar el proceso formativo, prever posibles problemas y diseñar acciones correctivas. Al mismo tiempo, permite al alumnado reflexionar sobre el propio conocimiento o el nivel de competencia y sobre el proceso que tiene que seguir para alcanzar los objetivos establecidos.<sup>14</sup>

### 3.3.2. Agentes evaluadores

En un contexto formativo en que el alumnado es sujeto activo de su propio proceso de aprendizaje, no se concibe que la evaluación quede únicamente a manos del docente, y todavía menos si la función de esta evaluación es mejorar el aprendizaje del alumnado. La evaluación se tiene que convertir en una herramienta que el mismo alumnado tiene que saber utilizar para poder adquirir competencias y alcanzar aprendizajes de calidad. Por lo tanto, tiene que ser una herramienta conocida y aplicada a la propia actividad y a la de los compañeros y compañeras.

---

<sup>14</sup> La figura 3.1 (apartado 3.3.4) aclara los diferentes momentos y las finalidades de la evaluación, y al mismo tiempo puede servir para entender el proceso de evaluación integrado dentro del proceso formativo de una titulación, materia, asignatura o actividad.



De esta manera, adquieren sentido las prácticas de autoevaluación y coevaluación (Valero; Díaz de Cerio, 2005), así como el diseño y la planificación de actividades que las desarrollen dentro del proceso formativo. Ya sea mediante cuestionarios, rúbricas, criterios de calidad o informes sobre la propia actuación o la de los compañeros y compañeras, las actividades de autoevaluación pueden constituir un recurso muy valioso, ya que, incluyendo la reflexión, van más allá y permiten analizar la propia conducta, poniendo en interacción ésta con el entorno, valorando las consecuencias de la respuesta manifestada, identificando aspectos negativos y aspectos positivos y elaborando planes de mejora de la propia actuación. Por otra parte, las actividades de coevaluación, además de la reflexión, de la posibilidad de identificar ventajas e inconvenientes y de favorecer la elaboración de planes de mejora, proporcionan al alumnado que evalúa la posibilidad de analizar la conducta de los otros estudiantes, visualizando alternativas a la manera cómo él o ella habría actuado, y al estudiante que lo recibe, obtener diferentes opiniones y puntos de vista sobre la respuesta dada a una situación concreta.

La figura del profesorado continúa teniendo un papel fundamental, tanto para diseñar, planificar, dirigir y decidir el proceso de evaluación como para determinar el grado de consecución de la competencia por el alumnado.

### 3.3.3. Evidencias e instrumentos de evaluación de la competencia específica

Las actividades planteadas durante el proceso de formación tienen que permitir la recogida de evidencias del aprendizaje y de la adquisición de competencias por el alumnado. Dentro de la evaluación formativa, la continua recogida de evidencias se convierte en primordial para informar tanto al profesorado como al alumnado del proceso de aprendizaje, con lo cual se puede actuar a tiempo para alcanzar los objetivos establecidos.

Por *evidencias* entendemos los productos de aprendizaje proporcionados por el alumnado, que permiten al profesorado evaluar y constatar el progreso, o la falta de progreso, del grado de consecución de la competencia. Las evidencias más significativas relacionadas con la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas» son:

- **Cuestionarios.** Cualquier tipo de cuestiones planteadas por el profesorado al alumnado, en cualquier formato, tienen que ser entregadas por el alumnado de forma escrita. Estos cuestionarios se pueden entregar inmediatamente o después de un plazo determinado si son vía intranet.
- **Cuestiones orales.** Planteadas por el alumnado o por el profesorado, constituyen un tipo de evidencia de recogida inmediata y que permite una retroalimentación también inmediata.
- **Pruebas de desarrollo.** Preguntas abiertas planteadas por el docente y que el alumnado, necesariamente, tiene que responder de manera argumentada y justificada, generalmente en un plazo previamente determinado.

- **Informes.** Cualquier material que el alumnado genere de forma escrita a partir de su experiencia en el laboratorio. En este apartado se incluye información sobre el proceso que se ha seguido y las presentaciones de datos, cálculos, resultados, conclusiones, etc. Cuando los informes se elaboran durante el momento de postlaboratorio, generalmente quedan incorporados dentro de un documento denominado *memoria*.
- **Grabación de actuación/ejecución directa del alumnado.** Es la documentación que el profesorado elabora a partir de cualquier acción desarrollada por el alumnado en el laboratorio.
- **Libreta de laboratorio.** Realizada por el mismo alumnado, en la que se recogen observaciones, procedimientos y datos que se han obtenido durante la experimentación.
- **Pruebas prácticas.** Situaciones planteadas por el profesorado en las que el alumnado tiene que poner en acción, dentro del laboratorio, la combinación de la mayoría de los componentes de la competencia específica en el nivel competencial establecido previamente.
- **Presentaciones orales.** Comunicación oral estructurada que el alumnado expone delante de los otros compañeros y compañeras de laboratorio y del profesorado sobre un tema determinado, relacionado con el ámbito de los laboratorios.
- **Presentaciones póster.** Exposición escrita mediante un formato de póster. De manera general, se presenta al resto de compañeros y compañeras de laboratorio y al profesorado y, a veces, implica una explicación o discusión oral.
- **Dossier de aprendizaje del alumnado.** Organizado individualmente o en grupo por el alumnado, recoge evidencias del proceso de aprendizaje de manera continua y permite la reflexión personal. El dossier puede recoger todas las evidencias mencionadas anteriormente o bien una selección de éstas.
- **Proyectos.** Son trabajos en los que se plantea al alumnado una situación significativa y próxima a la realidad profesional y se le da libertad para que la desarrolle. Son integradores y generalmente se elaboran en grupo, con una parte importante de investigación bibliográfica en el ámbito disciplinario correspondiente, y prevén, fundamentalmente, los componentes de la competencia «Proyectar y decidir».

En la tabla 3.4, en la cual se presentan las evidencias más significativas para la evaluación en el ámbito de los laboratorios de Ciencias y Tecnología, se relacionan estas evidencias con el componente competencial y con el momento de su recogida.

**Tabla 3.4. Relación de evidencias de evaluación, componentes competenciales y momentos del laboratorio**

Evidencias	Componentes					Momentos		
	Medir	Experimentar	Modelizar	Proyectar	Decidir	Prelab.	Laboratorio	Postlab.
Cuestionarios	X				X	X	X	X
Cuestiones orales	X	X	X	X	X	X	X	X
Pruebas de desarrollo		X		X			X	X
Informes	X	X		X	X	X	X	X
Grabación de la actuación	X	X					X	
Libreta de laboratorio	X	X				X	X	
Pruebas prácticas	X	X	X	X	X		X	X
Presentaciones orales					X			X
Presentaciones póster				X	X			X
Dossier de aprendizaje del alumnado	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyectos			X	X	X		X	X

Los **instrumentos de evaluación** son las herramientas y los soportes que el docente utiliza para la recogida de la información que se ha obtenido a partir de las evidencias y que es relevante para el análisis del grado de consecución de las competencias del alumnado.

Los instrumentos se pueden dar en formatos diferentes y pueden ser utilizados en momentos diversos del proceso formativo, y es importante que haya una cierta diversificación, ya que el mismo instrumento no lo puede evaluar todo. Los instrumentos más significativos y utilizados para la recogida de información sobre la competencia específica en los laboratorios de Ciencias y Tecnología son los cuestionarios, las grabaciones, las escalas, las entrevistas y, sobre todo, las rúbricas. Éstas últimas merecen una mención especial dentro de esta guía, y se incluyen en el apartado 3.3.5.

Es importante que el profesorado sea consciente de que no todos los instrumentos sirven para evaluar las competencias, pero este hecho no los invalida como instrumentos de evaluación, ya que pueden ser de gran utilidad para la evaluación de otros aspectos, como los conocimientos.

### 3.3.4. La evaluación integrada en el laboratorio de Ciencias y Tecnología

Integrar la evaluación dentro del proceso formativo propio de los laboratorios significa adecuar la finalidad, las estrategias y los instrumentos de evaluación a los momentos de prelaboratorio, durante el laboratorio y de postlaboratorio. En la figura 3.1 se muestra esta integración entre la evaluación y el momento:

**Figura 3.1. La evaluación integrada en el proceso formativo en los laboratorios de Ciencias y Tecnología**

		Proceso formativo		
		Evaluación diagnóstica		
Finalidad de la evaluación	Evaluación diagnóstica	Evaluación formativa	Evaluación sumativa	
Momento de laboratorio	Pre	Durante	Post	
Estrategias/instrumentos	Tutorías Cuestionarios Rúbricas Autoevaluación	Aprendizaje basado en proyectos o problemas Estudio de casos Aprendizaje colaborativo Grabaciones en vídeo Pruebas prácticas Cuestiones orales Cuestionarios Debates Rúbricas Autoevaluación Coevaluación	Simulaciones Proyectos Pruebas de desarrollo Cuestiones orales Cuestionarios Rúbricas Autoevaluación Coevaluación	

### 3.3.5. Rúbricas de calidad o corrección para cada uno de los niveles de la competencia específica

Aunque, como ya se ha indicado, hay múltiples instrumentos que pueden servir para evaluar la competencia, unos de los más útiles son las matrices de valoración o rúbricas.

Las rúbricas son instrumentos de evaluación que permiten al profesorado identificar los diferentes componentes que forman parte de la competencia y asignar, para cada componente, diferentes criterios de evaluación a partir de los cuales se considerará que el alumnado ha alcanzado o no la competencia específica. (Disponible en: <<http://rubistar.4teachers.org/index.php>>).

Los criterios de evaluación, pues, se agrupan en las denominadas rúbricas, «parrillas» de calidad o pautas de observación, que permiten establecer o especificar el grado de calidad que se pretende que adquiera el alumnado para alcanzar una competencia. Para su elaboración, es aconsejable partir del nivel máximo o excelente de consecución que se espera del alumnado y, a continuación, definir el grado mínimo de adquisición. Finalmente, se definen los niveles intermedios, teniendo presente que cuanto mayor sea la gradación, más dificultades encontraremos a la hora de determinar cuáles son las adquisiciones propias de cada nivel y tendremos que ser más minuciosos.

Las rúbricas tienen numerosas ventajas tanto para el profesorado como para el alumnado, siempre que se hagan públicas desde el inicio del proceso formativo. Algunas de estas ventajas, según Blanco (2008), son:

- Permiten que el alumnado sea consciente de lo que se espera que alcance. Por lo tanto, si conoce los criterios de calidad, es más fácil que lo haga mejor.
- Permiten la objetividad en el proceso de evaluación, lo cual es muy útil cuando hay más de un docente.
- Facilitan la evaluación, ya que ayudan al profesorado a corregir más rápido la información recogida por el alumnado.
- Posibilitan la implicación del mismo alumnado en el proceso de evaluación, ya sea la propia (autoevaluación) o la de los compañeros y compañeras (coevaluación).

Para la evaluación de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas», se han elaborado una serie de rúbricas a partir de las cuales se puede evaluar cada uno de los niveles competenciales, definidos previamente en el apartado 2.3 de esta guía.

No obstante, para la utilización de estas rúbricas de evaluación, recogidas en las tablas 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8, que se presentan a continuación, es recomendable que cada docente adapte y haga suya la rúbrica del nivel competencial que vaya a trabajar en el laboratorio. Mediante estos instrumentos lo que se ha pretendido es definir, de forma general, una serie de indicadores a partir de los cuales se puede valorar el grado de adquisición del nivel competencial para la competencia específica del ámbito de los laboratorios de Ciencias y Tecnología. Sin embargo, en su aplicación real en el aula hará falta que el profesorado adapte estos indicadores teniendo en cuenta las características de su materia e integre, a la vez, los conocimientos y las actitudes o los valores propios de la disciplina. De esta manera, cada profesor o profesora que trabaje la competencia específica en los laboratorios tendrá una rúbrica adecuada y orientada a la evaluación de esta competencia en su propia materia o asignatura, pero con unos parámetros generales comunes a las rúbricas de otras materias o asignaturas del mismo ámbito de los laboratorios de Ciencias y Tecnología.

**Tabla 3.5. Nivel competencial 1**

Componente de la competencia	Nivel 1	Bien asimilado
<b>Medir/adquirir</b>	Adquirir, registrar y expresar correctamente datos y resultados en actividades de dificultad baja.	Se han adquirido, registrado y expresado correctamente los datos y los resultados.
<b>Experimentar</b>	Ejecutar experimentos, proyectos, prototipos o protocolos de dificultad baja, aplicando las técnicas o bien las operaciones establecidas para hacerlo, además de tratar e interpretar correctamente los datos obtenidos. Comprobar hipótesis.	Se ha ejecutado correctamente el experimento y se han aplicado las técnicas o bien las operaciones establecidas para hacerlo; además, los datos obtenidos se han tratado e interpretado correctamente. Se han comprobado hipótesis.
<b>Modelizar</b>	Ajustar los datos obtenidos al modelo o modelos matemáticos propuestos y calcular los parámetros en actividades de dificultad baja.	Los datos se han ajustado correctamente al modelo propuesto. Se han calculado los parámetros del modelo.
<b>Proyectar/predecir</b>	Argumentar los resultados y extraer conclusiones en actividades de dificultad media-baja.	Se han argumentado los resultados y se han extraído conclusiones correctas.
<b>Decidir</b>	Comunicar y defender efectivamente las conclusiones extraídas en actividades de dificultad baja.	Se han comunicado y defendido efectivamente las conclusiones extraídas.

Adquirido	Poco asimilado	No asimilado
Se han adquirido y registrado correctamente los datos y los resultados, pero se han expresado incorrectamente.	Se han adquirido correctamente los datos, pero no se han registrado o expresado correctamente ni los datos ni los resultados.	No se han adquirido correctamente los datos.
Se ha ejecutado el experimento y se han aplicado correctamente las técnicas o bien las operaciones establecidas para hacerlo. Se han tratado correctamente los datos, pero la interpretación se puede mejorar. Se han comprobado la mayoría de las hipótesis.	Se ha ejecutado el experimento y se han aplicado correctamente las técnicas o bien las operaciones para hacerlo, pero el tratamiento y la interpretación han sido incorrectos. No se han comprobado todas las hipótesis planteadas.	La técnica o la operación no se ha aplicado adecuadamente a la hora de ejecutar el experimento. No se han comprobado las hipótesis planteadas.
Los datos se han ajustado correctamente al modelo propuesto. Se han calculado algunos parámetros del modelo.	El ajuste de los datos se ha hecho de manera incompleta. Los parámetros calculados son incorrectos.	No se ha hecho el ajuste de los datos en el modelo propuesto.
La argumentación de los resultados ha sido correcta, pero no se han extraído todas las conclusiones posibles.	La argumentación de los resultados ha sido correcta, pero las conclusiones extraídas no han sido las correctas.	No se han argumentado los resultados ni se han extraído conclusiones.
En general, la comunicación ha sido correcta, pero alguna parte de la defensa no ha sido clara.	Se tiene que mejorar tanto la comunicación como la defensa de las conclusiones.	No se han entendido ni se han defendido la mayoría de las conclusiones.

**Tabla 3.6. Nivel competencial 2**

Componente de la competencia	Nivel 2	Bien asimilado
<b>Medir/adquirir</b>	Adquirir, registrar y expresar correctamente datos y resultados, utilizando las herramientas de medida básicas de laboratorio en actividades de dificultad media.	Se han adquirido, registrado y expresado correctamente datos y resultados, y se han utilizado de manera correcta las herramientas de medida básicas de laboratorio.
<b>Experimentar</b>	Diseñar y ejecutar experimentos, proyectos, prototipos o protocolos de dificultad media, aplicando las técnicas, los instrumentos o bien las operaciones establecidas para hacerlo, además de tratar, representar en gráficos e interpretar correctamente los datos y los resultados obtenidos.	Se han diseñado correctamente y ejecutado experimentos, proyectos prototipos o protocolos de dificultad media, y se han aplicado las técnicas o bien las operaciones establecidas para hacerlo, además de tratar, representar en gráficos e interpretar correctamente los datos y los resultados obtenidos.
<b>Modelizar</b>	Proponer y escoger los modelos matemáticos que describan los resultados obtenidos y calcular los parámetros en actividades de dificultad media-baja.	Se han propuesto y escogido modelos matemáticos que describen los resultados obtenidos, se han calculado los parámetros y se han establecido los límites y la validez.
<b>Proyectar/predecir</b>	Utilizar el modelo obtenido para hacer predicciones, simulaciones o cálculos en casos de interés de complejidad media-baja. Argumentar los resultados y sacar conclusiones.	Se ha utilizado correctamente el modelo obtenido para hacer predicciones, simulaciones o cálculos en casos de interés de complejidad media-baja. Se han argumentado los resultados y se han sacado conclusiones razonables.
<b>Decidir</b>	Tomar decisiones en función de las conclusiones sacadas en actividades de dificultad media, comunicarlás y defenderlas efectivamente.	Se han tomado decisiones en función de las conclusiones sacadas, y se han comunicado y defendido efectivamente.



Adquirido	Poco asimilado	No asimilado
<p>Se han adquirido, registrado y expresado correctamente datos y resultados, pero en algunos casos la utilización de las herramientas de medida básicas se puede mejorar.</p>	<p>Se han adquirido, registrado y expresado correctamente datos y resultados, pero no todas las herramientas de medida básicas se han utilizado adecuadamente.</p>	<p>Se han adquirido, registrado y expresado correctamente datos y resultados; pero, en general, se han utilizado de manera incorrecta las herramientas de medida básicas de laboratorio.</p>
<p>El diseño de experimentos, proyectos, prototipos o protocolos que se ha ejecutado, aplicando las técnicas o bien las operaciones establecidas para hacerlo, es correcto, pero se tiene que mejorar. Se han tratado, representado en gráficos e interpretado los datos y los resultados obtenidos de manera incompleta.</p>	<p>Aunque se han ejecutado experimentos, proyectos, prototipos o protocolos aplicando correctamente las técnicas o bien las operaciones establecidas para hacerlo, no se ha hecho el diseño correctamente o no han sido tratados ni interpretados correctamente los datos y los resultados obtenidos.</p>	<p>Aunque se han ejecutado experimentos o proyectos aplicando las técnicas o bien las operaciones ya seleccionadas, el diseño ha sido prácticamente nulo. Además, no se han tratado ni interpretado los datos obtenidos.</p>
<p>Se han propuesto y escogido modelos matemáticos que describen con precisión los resultados obtenidos. Se han calculado los parámetros de los modelos, pero no se han establecido los límites y/o la validez.</p>	<p>Se ha escogido un modelo matemático, de los que se han propuesto, para describir los resultados obtenidos, pero la elección no ha sido la más adecuada.</p>	<p>Se han propuesto diversos modelos matemáticos para describir los resultados obtenidos, pero no se ha escogido ninguno.</p>
<p>Se ha utilizado correctamente el modelo obtenido para hacer predicciones, simulaciones o cálculos en casos de interés de complejidad media-baja. Se han argumentado los resultados y se han sacado conclusiones no coherentes con las predicciones hechas.</p>	<p>Se ha utilizado el modelo obtenido incorrectamente para hacer predicciones, simulaciones o cálculos en casos de interés de complejidad media-baja. Se han argumentado los resultados y se han sacado conclusiones poco razonables.</p>	<p>No se ha utilizado el modelo obtenido para hacer predicciones, simulaciones o cálculos en casos de interés de complejidad media-baja. No se han argumentado los resultados ni se han sacado conclusiones razonables.</p>
<p>Se han tomado decisiones coherentes en gran manera con las conclusiones sacadas, y también se han comunicado y defendido efectivamente.</p>	<p>No todas las decisiones que se han tomado quedan justificadas en función de las conclusiones sacadas, aunque se han comunicado y defendido efectivamente.</p>	<p>Se han comunicado y defendido las conclusiones de manera efectiva, pero no se ha tomado ninguna decisión.</p>

**Tabla 3.7. Nivel competencial 3**

Componente de la competencia	Nivel 3	Bien asimilado
<b>Medir/adquirir</b>	Adquirir, registrar, expresar y documentar correctamente datos y resultados, utilizando y calibrando las herramientas necesarias de laboratorio en actividades de dificultad media-alta.	Se han adquirido, registrado, expresado y documentado correctamente los datos y los resultados, utilizando las herramientas necesarias de laboratorio en actividades de dificultad media-alta.
<b>Experimentar</b>	Diseñar y ejecutar experimentos, proyectos, prototipos o protocolos de dificultad media-alta, y seleccionar las técnicas, instrumentos o bien las operaciones apropiadas para hacerlo, además de tratar, representar en gráficos e interpretar correctamente los datos, y analizar la fiabilidad de los resultados obtenidos.	Se ha diseñado y ejecutado el experimento, proyecto, prototipo o protocolo de dificultad media-alta, y se han seleccionado las técnicas o bien las operaciones más apropiadas para hacerlo; además los datos se han tratado, representado en gráficos e interpretado correctamente, y se ha analizado la fiabilidad de los resultados obtenidos.
<b>Modelizar</b>	Proponer y escoger al modelo matemático que describa con precisión los resultados obtenidos, calcular los parámetros y establecer los límites y la validez en actividades de dificultad media.	Se ha propuesto y escogido el modelo matemático que describe adecuadamente los resultados obtenidos; se han calculado los parámetros y se han establecido los límites y la validez en actividades de dificultad media.
<b>Proyectar/predecir</b>	Utilizar el modelo obtenido para hacer predicciones, simulaciones o cálculos en casos de interés de complejidad media. Argumentar los resultados y extraer conclusiones además de establecer la confianza o la estabilidad de la predicción.	Se ha utilizado correctamente el modelo obtenido para hacer predicciones, simulaciones o cálculos en casos de interés de complejidad media. Tanto la argumentación como las conclusiones extraídas han sido razonables, y se ha valorado la fiabilidad y la confianza de la predicción.

Adquirido	Poco asimilado	No asimilado
<p>Se han adquirido, registrado, expresado y documentado correctamente los datos y los resultados. Las herramientas necesarias de laboratorio no se han utilizado correctamente.</p>	<p>Se han adquirido, registrado y expresado correctamente los datos y los resultados, pero la documentación no ha sido bien sintetizada.</p>	<p>Se han adquirido, registrado y expresado correctamente los datos y los resultados, pero la documentación no ha sido bien seleccionada.</p>
<p>Se ha diseñado y ejecutado el experimento, proyecto, prototipo o protocolo de dificultad media-alta, y se han seleccionado las técnicas o bien las operaciones adecuadas. El tratamiento y la interpretación de los datos han sido correctos, pero el análisis de los resultados ha sido incompleto.</p>	<p>Se ha diseñado y ejecutado el experimento, proyecto, prototipo o protocolo de dificultad media-alta, y se han seleccionado las técnicas o bien las operaciones no adecuadas. El tratamiento y la interpretación de los datos obtenidos han sido correctos, pero el análisis de los resultados ha sido incorrecto.</p>	<p>Se ha diseñado y ejecutado el experimento, proyecto, prototipo o protocolo de dificultad media-alta, pero la mayoría de las técnicas o bien las operaciones seleccionadas no han sido las más apropiadas. El tratamiento y la interpretación de los datos y el análisis de los resultados obtenidos han sido incorrectos.</p>
<p>Se ha propuesto y escogido un modelo matemático para describir los resultados obtenidos, y se han establecido los límites y la validez en actividades de dificultad media. El ajuste de los parámetros se tiene que mejorar.</p>	<p>Se ha propuesto y escogido un modelo matemático para describir los resultados obtenidos en actividades de dificultad media, pero no se han establecido los límites y la validez, y no se ha hecho el ajuste de los parámetros del modelo.</p>	<p>No se ha propuesto ni escogido ningún modelo matemático que describa los resultados obtenidos en actividades de dificultad media.</p>
<p>Se ha utilizado el modelo obtenido para hacer predicciones, simulaciones o cálculos en casos de interés de complejidad media. Tanto en la argumentación como en las conclusiones extraídas no se han valorado ni la fiabilidad ni la confianza de la predicción.</p>	<p>Se ha utilizado el modelo obtenido de forma incorrecta para hacer predicciones, simulaciones o cálculos en casos de interés de complejidad media. Tanto en la argumentación como en las conclusiones extraídas no se han valorado ni la fiabilidad ni la confianza de la predicción.</p>	<p>No se ha utilizado el modelo obtenido para hacer predicciones en casos de interés de complejidad media. La argumentación y las conclusiones extraídas no han sido razonables.</p>

Componente de la competencia	Nivel 3	Bien asimilado
<b>Decidir</b>	Tomar decisiones en función de las conclusiones extraídas, comunicarlas, exponerlas y defenderlas, asumiendo riesgos según la confianza y las predicciones en actividades de dificultad media-alta.	Se han tomado decisiones en función de las conclusiones. También se han comunicado, expuesto y defendido, y se han asumido riesgos según la confianza y las predicciones hechas en actividades de dificultad media-alta.

**Tabla 3.8. Nivel competencial 4**

Componente de la competencia	Nivel 4	Bien asimilado
<b>Medir/adquirir</b>	Adquirir, registrar, expresar y documentar correctamente datos, resultados y condiciones, utilizando y calibrando correctamente las herramientas de medida de laboratorio en actividades de dificultad elevada.	Se han adquirido, registrado, expresado y documentado correctamente datos, resultados y condiciones, utilizando y calibrando correctamente las herramientas de medida de laboratorio en actividades de dificultad elevada.
<b>Experimentar</b>	Planificar, diseñar y ejecutar experimentos, proyectos, prototipos o protocolos de dificultad elevada, y seleccionar las técnicas, instrumentos o bien las operaciones apropiadas para hacerlo, además de analizar correctamente los resultados obtenidos después del tratamiento y la interpretación de los datos. Plantear y comprobar hipótesis de dificultad elevada.	Se han planificado, diseñado y ejecutado experimentos, proyectos, prototipos o protocolos, y se han seleccionado las técnicas o bien las operaciones apropiadas para hacerlo; además se han analizado correctamente los resultados obtenidos después del tratamiento y la interpretación de los datos en actividades de dificultad elevada. Se han planteado y comprobado las hipótesis.

Adquirido	Poco asimilado	No asimilado
<p>Se han tomado decisiones en función de las conclusiones. También se han comunicado y defendido, y se han asumido la mayoría de los riesgos según la confianza en el modelo y las predicciones hechas, pero la exposición no ha sido adecuada.</p>	<p>Se han tomado decisiones en función de las conclusiones, se han comunicado y defendido sin tener en cuenta las predicciones hechas, y la exposición no ha sido adecuada.</p>	<p>Se han tomado decisiones en función de las conclusiones y se han comunicado y defendido efectivamente, pero sin asumir riesgos según la confianza y las predicciones hechas.</p>

Adquirido	Poco asimilado	No asimilado
<p>Se han adquirido, registrado, expresado y documentado los datos, los resultados y las condiciones, pero o bien la calibración de las herramientas de medida de laboratorio utilizadas no ha sido del todo correcta o bien no se han identificado las fuentes de información correspondientes a su ámbito de especialización.</p>	<p>Se han adquirido, registrado y expresado correctamente los datos, los resultados y las condiciones, pero la documentación elaborada no se ha interpretado ni sintetizado.</p>	<p>Se han adquirido, registrado y expresado correctamente los datos, los resultados y las condiciones; pero, en general, en la documentación no se ha seleccionado la información relevante.</p>
<p>Se han planificado, diseñado y ejecutado correctamente experimentos, proyectos, prototipos o protocolos, y se han seleccionado las técnicas o bien las operaciones apropiadas para hacerlo. El análisis que se ha hecho de los resultados obtenidos después del tratamiento y la interpretación de los datos no ha sido correctamente justificado.</p>	<p>Se han planificado, diseñado y ejecutado experimentos, proyectos, prototipos o protocolos, y se han seleccionado las técnicas o bien las operaciones más adecuadas, pero la planificación se tiene que mejorar. El análisis de los resultados que se ha hecho después del tratamiento y la interpretación de los datos obtenidos no han sido correctos.</p>	<p>Se han diseñado y ejecutado experimentos, proyectos, prototipos o protocolos, y se han seleccionado las técnicas o bien las operaciones más adecuadas para hacerlo, pero la planificación ha sido casi inexistente. Después del tratamiento y la interpretación de los datos obtenidos no se han analizado los resultados.</p>

Componente de la competencia Nivel 4	Bien asimilado
<p><b>Modelizar</b></p> <p>Proponer, escoger y plantear modelos matemáticos que describan esmeradamente los resultados obtenidos, calcular los parámetros y establecer los límites y la validez en actividades de dificultad elevada. Validar el modelo con la observación y la experimentación.</p>	<p>Se ha propuesto, escogido y planteado un modelo matemático que describe con precisión los resultados obtenidos, se han calculado los parámetros y se han establecido los límites y la validez en actividades de dificultad elevada. El modelo se ha validado con la observación y la experimentación.</p>
<p><b>Proyectar/predecir</b></p> <p>Utilizar al modelo escogido para hacer predicciones, simulaciones o cálculos en casos de interés de complejidad elevada. Argumentar los resultados y sacar conclusiones, además de establecer la confianza o la estabilidad de la predicción y optimizar los medios y las condiciones para la ejecución del experimento o el proyecto.</p>	<p>Se ha utilizado el modelo obtenido para hacer predicciones, simulaciones o cálculos en casos de interés de complejidad elevada. Se han argumentado los resultados y se han sacado conclusiones. Además, se ha establecido la confianza o la estabilidad de la predicción y se han optimizado las condiciones del experimento.</p>
<p><b>Decidir</b></p> <p>Tomar decisiones en función de las conclusiones y de su viabilidad, comunicarlas, exponerlas y defenderlas, asumiendo riesgos según la confianza y las predicciones en actividades de dificultad elevada.</p>	<p>Se han tomado decisiones correctas en función de las conclusiones y de su viabilidad técnica o económica. También se han comunicado, expuesto y defendido, y se han asumido riesgos según la confianza y las predicciones hechas.</p>

Adquirido	Poco asimilado	No asimilado
<p>Se ha propuesto y escogido un modelo matemático que describe con precisión los resultados obtenidos, se han calculado los parámetros y se han establecido los límites y la validez. Tanto el planteamiento como la validación del modelo se tendrían que mejorar.</p>	<p>Se ha propuesto y escogido un modelo matemático que describe con precisión los resultados obtenidos, se han calculado los parámetros y se han establecido los límites y la validez, pero o bien el planteamiento o bien la validación del modelo son incorrectos.</p>	<p>Se ha propuesto y escogido un modelo matemático para describir con precisión los resultados obtenidos; se han calculado los parámetros y se han establecido los límites y la validez, pero el modelo ni se ha planteado ni se ha validado.</p>
<p>Se ha utilizado el modelo obtenido para hacer predicciones, simulaciones o cálculos en casos de interés de complejidad elevada. Se han argumentado los resultados y se han sacado conclusiones. Además, se ha establecido la confianza de las predicciones, pero no se han optimizado todos los medios y las condiciones para la ejecución del experimento o el proyecto.</p>	<p>Se ha utilizado el modelo obtenido para hacer predicciones, simulaciones o cálculos en casos de interés de complejidad elevada. En la argumentación y las conclusiones no se ha tenido en cuenta la confianza o la estabilidad de la predicción, o no se han optimizado las condiciones.</p>	<p>Tanto la argumentación como las conclusiones sacadas han sido razonables a la hora de valorar la fiabilidad de los resultados. Pero tanto las predicciones en casos de interés como la optimización de las condiciones del experimento han sido incorrectas.</p>
<p>Las decisiones se han tomado en función de las conclusiones y de su viabilidad, aunque se tienen que mejorar. Se han comunicado y defendido, y se han asumido riesgos según la confianza y las predicciones.</p>	<p>Las decisiones se han tomado en función de las conclusiones, teniendo en cuenta su viabilidad, aunque de forma muy incompleta. Se han comunicado y defendido, y se han asumido riesgos según la confianza y las predicciones.</p>	<p>Las decisiones se han tomado en función de las conclusiones, pero sin tener en cuenta la viabilidad. La comunicación y la defensa se han hecho asumiendo riesgos según la confianza y las predicciones.</p>

### **3.4. EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS METODOLÓGICAS Y DE EVALUACIÓN EN LOS LABORATORIOS DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

A continuación se recogen ejemplos que permiten incorporar una serie de elementos metodológicos y de evaluación que favorecen la introducción de la competencia específica definida en esta guía, así como otras competencias más transversales, relacionadas estrechamente con el ámbito de los laboratorios de Ciencias y Tecnología.

#### **3.4.1. El uso del lenguaje adecuado**

Primero hay que hacer referencia al aprendizaje que tiene lugar a través de los mensajes tácitos que comportan determinadas fórmulas del lenguaje. Existe un lenguaje muy arraigado que implícitamente potencia el preconcepto de *prácticas* como mero ejercicio de medida con el objetivo de verificar la teoría impartida magistralmente. El hecho de hablar de leyes y constantes universales, que ya han sido descubiertas, y de entender que en el laboratorio hay que reproducir estos descubrimientos no hace más que dirigir al alumnado a encontrar el «resultado correcto». Ningún alumno o alumna se atreverá a contradecir lo que dijo Newton o Lavoisier, ni a determinar un valor experimental diferente de los que se encuentran tabulados.

Así, no sería adecuado que el título de una práctica fuera «Comprobación experimental de la ley de...», sino que habría que adoptar un lenguaje, oral y escrito, que hablara de modelos, de correlación de datos y de ajuste de parámetros (sin desprestigiar las necesarias referencias a la teoría). Cuando llegue el momento, este lenguaje tiene que permitir entender como análogos una regresión lineal y el entrenamiento de un modelo informático (p. ej., una red neuronal).

#### **3.4.2. Gestión de proyectos experimentales (GPE)**

El laboratorio, a diferencia del aula tradicional, es un mejor escenario para el desarrollo de determinadas competencias, actitudes y aptitudes. Así, el laboratorio es un espacio más adecuado para promover acciones de liderazgo, de trabajo en grupo y de organización, de planificación y de control del trabajo, tanto en el ámbito individual como en el de grupo, y tanto en el rol de líder como en el de subordinado. Es por eso que se propone un esquema que permita aprovechar estas ventajas más allá de la realización de meras prácticas instrumentales destinadas a verificar lo que ya se sabe de la teoría.

Este ejemplo de organización de la formación en el laboratorio está extraído del ámbito de la ingeniería química (Graells, 2007), pero se presenta de una manera suficientemente general como para que se pueda adaptar a cualquier ámbito de las ciencias y la tecnología.

En el ejemplo, en la figura 3.2, tomamos a un grupo de 15 estudiantes, organizado en cinco grupos de trabajo de tres personas (G1, G2, G3, G4, G5). En un esquema docente como el



del apartado «Programación en fase», de la figura 3.2, cada sesión (S1, S2, S3, S4, S5) se dedicaría, suponiendo que haya una disponibilidad de recursos suficiente, a un único experimento (E1, E2, E3, E4, E5), que cada grupo hace de manera independiente, buscando el resultado correcto y sin que el profesorado permita que el alumnado revise los resultados de los otros compañeros y compañeras. Este esquema está claramente orientado a adquirir unas ciertas habilidades operacionales en el uso de los aparatos de medida y en la ejecución de protocolos bien establecidos, pero desperdicia la oportunidad de poner en marcha la escenificación de un problema complejo que permita ensayar y aprender otras competencias.

**Figura 3.2. Ejemplo de organización de grupos de estudiantes**

Programación en fase					Programación fuera de fase						
	G1	G2	G3	G4	G5		G1	G2	G3	G4	G5
S1	E1	E1	E1	E1	E1	S1	E1	E2	E3	E4	E5
S2	E2	E2	E2	E2	E2	S2	E5	E1	E2	E3	E4
S3	E3	E3	E3	E3	E3	S3	E4	E5	E1	E2	E3
S4	E4	E4	E4	E4	E4	S4	E3	E4	E5	E1	E2
S5	E5	E5	E5	E5	E5	S5	E2	E3	E4	E5	E1

Una alternativa a este esquema es la «programación fuera de fase», de la misma figura 3.2, entendida no como un mal necesario derivado de la falta de recursos, sino como la manera de planificar el aprendizaje de competencias a lo largo de todo el cuatrimestre o curso. Bajo este esquema, cada grupo se puede convertir en el grupo experto (grupo gestor o director) de un experimento (G1 → E1, G2 → E2, G3 → E3, G4 → E4, G5 → E5) y al mismo tiempo ser, en sesiones posteriores, el *grupo ejecutor* de una parte de otro experimento dirigido por el correspondiente *grupo experto*. Ciertamente, para que este esquema tenga sentido hace falta que el número de experimentos sea el mismo que el número de grupos de trabajo.

La gestión de proyectos experimentales (GPE) es un esquema docente basado en la programación fuera de fase que propone una gestión interdependiente de diversos proyectos experimentales, según la cual cada grupo ha de obtener y gestionar los datos experimentales obtenidos por los otros grupos a lo largo del cuatrimestre. El experimento se convierte así en un proyecto que se tiene que gestionar íntegramente como tal.

La GPE es el marco didáctico que permite proporcionar al alumnado un entorno a aprendizaje innovador y ambicioso en que sea posible una formación integral que tenga en cuenta no sólo los contenidos dispersos de un conjunto de prácticas, sino también las competencias necesarias para gestionar un proyecto experimental (más o menos modesto) que obligue al alumnado a trabajar en grupo, a dirigir y ser dirigido, a planificar tareas, a documentarse y recopilar información, a organizar y procesar datos, a tomar decisiones y a exponer y defender los resultados y las conclusiones al resto del grupo y al profesorado.

La GPE, al principio, se puede organizar manteniendo los contenidos (guiones y montajes de laboratorio), haciendo unos cambios mínimos, con la finalidad de tener el mismo número de experimentos que de grupos, de manera que se consiga una programación simétrica en la que todos los grupos lleven a cabo necesariamente un experimento diferente en cada sesión de laboratorio.

Con este esquema, al grupo que el primer día lleva a cabo un experimento se le asigna el rol de grupo experto (grupo gestor o director, o *project manager*). En las otras sesiones, cada grupo tiene que ir recibiendo datos de este mismo experimento hecho por los otros grupos (subordinados) y hace falta que el grupo director las recopile, las analice y las presente al final de la asignatura en forma de una memoria y que haga una presentación oral y pública delante de todo el grupo. Consiguientemente, todos los grupos, de una manera simultánea, asumen los roles de director y subordinado, y se encuentran en las mismas condiciones con respecto a las exigencias mutuas necesarias. En este punto, las posibilidades son múltiples y los detalles organizativos del juego (simulación) pueden ser diferentes según la asignatura y el centro docente.

En resumidas cuentas, el *grupo experto* recibe el encargo de llevar a término un experimento concreto de sus superiores (personas docentes) y, al final, ha de rendir cuentas de la gestión y de los resultados. Por esta razón el grupo gestor es el responsable de:

- Entender la finalidad del experimento y los objetivos.
- Saber el funcionamiento del sistema que se estudia y las variables.
- Establecer las condiciones (dentro de un rango fijado) de los experimentos que hará, primero, el grupo experto y, después, los grupos ejecutores y que, al final, permitirán resolver el problema planteado.
- Planificar la ejecución de las diferentes medidas que hay que ir tomando a lo largo del cuatrimestre para completar el proyecto experimental.
- Comunicar y coordinar la tarea que corresponde a cada grupo ejecutor.
- Gestionar y revisar los datos obtenidos por los otros grupos a lo largo del cuatrimestre.
- Tomar las decisiones que hagan falta durante la ejecución del proyecto (según los resultados obtenidos, los errores de planificación, las demoras en la finalización de las tareas programadas, etc.).
- Elaborar un informe escrito con los objetivos del proyecto, la planificación, los resultados, las incidencias, las decisiones adoptadas y la justificación, y las conclusiones.
- Defender el proyecto experimental (no sólo los resultados) en público.

El *grupo ejecutor* recibirá la información necesaria de la parte que le corresponde y tiene que rendir cuentas delante del grupo gestor de los resultados obtenidos. Así, será responsable de:

- Entender el funcionamiento del sistema y las condiciones experimentales específicas que hay que analizar y los parámetros que hay que medir y controlar.
- Realizar los experimentos y las medidas según las especificaciones recibidas.
- Informar de las incidencias que se hayan producido durante la realización del experimento.
- Presentar los resultados en el tiempo y en la forma establecidos.

De este esquema general, hay que destacar las ventajas siguientes o, en cualquier caso, las oportunidades que ofrece para fomentar toda una serie de competencias transversales:

- Capacidad de dirigir, comunicar, discutir, resolver conflictos, etc. y mantener las relaciones interpersonales necesarias para realizar el trabajo dentro de una organización.
- Capacidad de gestionar y planificar el trabajo de grupo (ningún grupo tiene todos los datos experimentales hasta el último día, demasiado tarde para empezar a analizar los resultados).
- Capacidad de liderar y tomar decisiones (y revisarlas).

Claro está, sin embargo, que además se potencia fuertemente la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas». Cuando menos, para un proyecto experimental, que es original y único para cada grupo:

- Se dispone de muchos más datos y, por lo tanto, de la posibilidad de hacer un análisis mejor, de hacer un tratamiento estadístico más extenso y de obtener unos resultados finales más precisos.
- Hay que gestionar de una manera adecuada los datos experimentales (cada grupo tiene que diseñar una pequeña, pero primera, base de datos).
- Hay que controlar todos los grados de libertad del sistema estudiado para poder asegurar que los experimentos efectuados en las sesiones por grupos diferentes son comparables.
- Se puede abordar el diseño del experimento proponiendo nuevas condiciones de trabajo para sesiones posteriores (cuando la reflexión necesaria haya permitido establecer un nuevo objetivo).
- Los resultados obtenidos no son buenos o malos por sí mismos, sino dentro de un conjunto suficiente de medidas y en el contexto de la información recogida a lo largo del cuatrimestre.
- El hecho de afrontar un proyecto de todo un cuatrimestre con un hilo conductor más allá de una sesión de laboratorio permite aprender no sólo los detalles de un ensayo, sino todo el proceso y el método para resolver un problema complejo, partiendo de cero.

De la misma manera, el aprendizaje de esta competencia metodológica se ve reforzado por el hecho de explicitar los objetivos del trabajo que se llevan a cabo en el laboratorio:

- El objetivo no es tomar medidas con la finalidad de corroborar unos conceptos teóricos.
- El objetivo no es (o no es sólo) adquirir destreza en el uso de técnicas y aparatos.
- El objetivo de la experimentación es adquirir información y conocimientos nuevos para poder tomar mejores decisiones.
- El objetivo es ejecutar un proyecto experimental que, como tal, exige gestión, planificación y evaluación del coste, del impacto ambiental y de las oportunidades de mejorar, y que implica tanto una responsabilidad social como una necesidad de comunicar los resultados.

De aprendizaje activo:

- El grupo, como propietario del proyecto, tiene mejor interiorizada la experiencia.
- Es posible equivocarse y aprender de los errores, porque se corregirán (habrá que corregirlos) en las sesiones posteriores. El error, de hecho, forma parte del método, y hay que gestionarlo.
- Se aprovechan las ventajas del aprendizaje cooperativo gracias a la interdependencia de los grupos y a la necesidad que tienen los unos de los resultados y/o de la experiencia de los otros.
- Se produce un aprendizaje eficaz entre iguales (*peer-teaching*), en qué los «expertos» se sienten motivados a hacer que los compañeros y compañeras aprendan.
- Con respecto al profesorado, hay que destacar que este aprendizaje representa una motivación y una implicación más elevadas, tanto por la originalidad que representa cada proyecto nuevo como por la posibilidad de hacer explorar a cada grupo experto opciones que no son posibles para los otros grupos.

A continuación, se resumen los elementos o los aspectos que se incorporan, o que se pueden incorporar, en función de cada caso particular, al adoptar un esquema de trabajo similar a la GPE:

1. **Orientación a proyectos:** la planificación y el seguimiento de un proyecto durante todo un cuatrimestre permite incorporar gradualmente diferentes herramientas y elementos, como reuniones, tablas de asignación de tareas y fechas de entrega, reuniones de seguimiento, evaluación económica del proyecto y control de los recursos humanos invertidos. Esto último posibilita que el profesorado tenga datos para hacer el seguimiento de la dedicación de tiempo del alumnado, que tiene que permitir cuantificar los créditos ECTS correspondientes.
2. **Aprendizaje cooperativo:** el esquema cooperativo permite trabajar las competencias de dirección (dirigir y ser dirigido), la comunicación interpersonal, la resolución de conflictos, etc. Cada grupo de trabajo se hace responsable de uno de los experimentos

programados y ejerce la dirección del resto de grupos con respecto a este tema; al mismo tiempo, es dirigido por los otros grupos a medida que van realizando los experimentos programados correspondientes.

3. **Tecnologías de la información y la comunicación:** se fomenta mucho el uso de las herramientas TIC, sobre todo un uso intensivo del procesador de textos, la hoja de cálculo, la elaboración de gráficos y el correo electrónico, además de la investigación bibliográfica relacionada con los experimentos. Eso se convierte en necesario tanto para tratar la información experimental (base de datos) como para los aspectos de documentación y comunicación.
4. **Calidad:** se utilizan diversos documentos normalizados (actas, propuesta de preguntas de examen, etc.) y plantillas (Word y PowerPoint para los informes y las presentaciones, todos con formatos y colores corporativos) y también diversos protocolos de comunicación por correo electrónico (codificación de los asuntos de los mensajes, de los nombres de los ficheros, del envío con copia, etc.). El proyecto del alumnado siempre se dirige con criterios de trazabilidad y mejora continua, aprendizaje de los errores y resolución de problemas.
5. **Comunicación:** se ha asumido que el profesorado se tiene que dedicar también a hacer que el alumnado aprenda a redactar informes y presentaciones técnicas. Tradicionalmente, el informe es el medio por el cual el alumnado presenta los resultados, de manera que se asume que todo el mundo sabe hacer un informe y sólo hay que evaluar los resultados. En el marco de la GPE, el profesorado corrige y comenta los aspectos formales de la comunicación y da al alumnado pautas para elaborar los informes y las presentaciones orales.
6. **Coevaluación:** se han puesto en marcha mecanismos para aumentar la implicación y la responsabilidad del alumnado en la evaluación, tanto personal como de grupo. Se ha diseñado un mecanismo de participación en la confección de una parte del examen por cada grupo experto y que demuestra al alumnado la necesidad de dominar la técnica del lenguaje para formular adecuadamente preguntas y respuestas. Cada grupo, en calidad de experto, también evalúa los informes de otros grupos, y la calificación correspondiente se compara con la calificación del profesorado. Eso ha forzado a diseñar y explicitar un canon de corrección que permite ajustar criterios no tan sólo entre el alumnado, sino también entre el mismo profesorado.

### 3.4.3. Gestión de la seguridad y el medio ambiente

Otro aspecto relacionado con la escenificación que se puede llevar a cabo en los laboratorios es el aprendizaje de competencias profesionales relacionadas con la responsabilidad de la gestión de la seguridad y el medio ambiente. De hecho, el laboratorio es el lugar donde se ponen en práctica toda una serie de aspectos importantes que generalmente se dejan para asignaturas de últimos cursos y probablemente optativas y teóricas.

En cambio, ligado al rol de grupo experto de la GPE, también es posible instituir muy fácilmente el rol de jefe de seguridad y medio ambiente que el alumnado ejerce por turnos.

Así, es el jefe de seguridad el que tiene que cumplir y hacer cumplir las normas y el que tiene que asumir la responsabilidad ante una posible inspección de trabajo o de medio ambiente (simulada por el profesorado). El alumnado, pues, puede ejercer funciones de diversa responsabilidad, que implican diferentes actitudes y habilidades ante la seguridad, el riesgo y la prevención. Por otra parte, eso puede ir acompañado de una serie de protocolos y formularios para documentar actuaciones de las cuales depende la seguridad y el medio ambiente (cierre del laboratorio, investigación de accidentes, etc.).

Este esquema formativo permite introducir un gran cambio conceptual: no se trata de formar operarios que respeten la normativa, sino técnicos que serán responsables de la seguridad de otras personas, es decir, que, aparte de trabajar sin riesgos, tendrán que aprender a prevenirlos y, en la medida de lo posible, evitarlos. Consiguientemente, y sobre todo teniendo en cuenta las funciones de responsables de planta o de laboratorio que en el futuro profesional tendrá que asumir el alumnado, durante las diferentes sesiones de laboratorio éste ejecutará el rol de responsable de seguridad.

En el laboratorio se acostumbra a designar un grupo encargado de la limpieza, pero hay un gran salto cualitativo cuando a este grupo se lo nombra *jefe de seguridad y medio ambiente*. La limpieza es una tarea menor que el alumnado acepta y hace a disgusto, porque toca, pero la de jefe de seguridad y medio ambiente es una tarea propia de un titulado universitario. Es por eso que se puede exigir más al alumnado, tanto con respecto al aprendizaje de contenidos relacionados, como sobre todo al aprendizaje de actitudes necesarias para hacer cumplir la normativa y aumentar la prevención.

Las acciones de carácter más significativo con la finalidad de que el alumnado viva de forma más próxima la responsabilidad profesional y específicamente aquella relacionada con la seguridad y el medio ambiente pueden ser:

**Protocolo y ficha normativa para identificar un experimento en marcha.** Detrás del habitual papel (no normalizado) en el que se deja escrito «No tocar» hay una concepción de interés personal, pero en ningún caso de prevención, de una actuación técnica destinada a facilitar las tareas en caso de emergencia. Así, pues, resulta formativo utilizar una ficha en que conste la información suficiente para que se comprenda la naturaleza del experimento y los riesgos asociados. Evidentemente, también es información imprescindible un teléfono de contacto y la dirección electrónica del alumnado responsable, además de la fecha en que está previsto retirar el experimento. Claro está que para que haya aprendizaje el profesorado tiene que explicar los motivos técnicos de este procedimiento.

**Protocolo y ficha normativa de cierre del laboratorio.** Consta de una serie de puntos que permiten revisar sistemáticamente todos los aspectos de seguridad y medio ambiente (y limpieza, lógicamente) y llevar a cabo acciones en caso de que sea necesario. Eso obliga a las personas responsables a advertir a los compañeros y compañeras, que al mismo tiempo también son más conscientes, ya que han protagonizado (o protagonizarán) este mismo rol. El alumnado reconoce que esta sistemática es positiva y permite gestionar mejor el laboratorio. Paralelamente, eso es claramente provechoso, ya que el profesorado, al recibir el protocolo de cierre de laboratorio debidamente rellenado por el alumnado que le

pide el visto bueno, aplica la misma filosofía de la calidad y tiene la oportunidad de revisar rápidamente el laboratorio y confirmar que todo está en orden.

**Protocolo y ficha normativa de investigación de accidentes.** Un concepto integral de gestión lleva a considerar la calidad, la seguridad y el medio ambiente, tres componentes principales de un todo, que es la calidad total. El alumnado responsable de la seguridad, siguiendo el esquema de la calidad (ejecutar, evaluar, planificar), tiene que documentar e investigar las causas de un accidente o una situación de riesgo, con la finalidad de prevenir futuras situaciones similares. De esta manera, la rotura de una probeta deja de ser un hecho desgraciado e inevitable, del cual nadie tiene la culpa, y pasa a ser un problema de ingeniería que pide una serie de actuaciones técnicas que tienen que llevar a la implantación de nuevas medidas preventivas. En definitiva, se trata de que el alumnado interiorice los principios de la calidad en la gestión de la seguridad:

- Ejecutar (reparar, reponer, resolver un incidente, accidente, según el protocolo establecido).
- Evaluar (analizar las causas, investigación de accidentes).
- Planificar (revisar protocolos, planes de emergencia, etc.).

La reticencia que se observa por una parte del alumnado a firmar los protocolos de revisión del laboratorio es indicativo de la poca conciencia que el alumnado tiene de su futuro profesional. «Sí, la idea de la *checklist* está bien, pero lo que no me está bien es tener que firmarla». Éste es un comentario que permite tratar sobre el tema de la firma, de la responsabilidad y del sueldo correspondiente.

«No es culpa mía...» es otra frase relacionada, de la cual el profesorado puede sacar mucha información sobre la formación del alumnado. Éste luce con cierto orgullo el distintivo de jefe de seguridad en la bata, pero, en cambio, percibe como injusto que se le haga responsable de la acción o la omisión de otra persona (p. ej. no llevar gafas).

«Se ha roto...», en impersonal, acostumbra a ser la respuesta del alumnado ante un accidente común en el laboratorio. Esta respuesta vaga siempre ha merecido algún comentario del profesorado, pero el hecho de haber explicitado la investigación de accidentes es más formativo que la buena voluntad o la inspiración del momento. Un informe escrito de las causas del accidente y de las medidas que hay que adoptar es una buena reflexión sobre la responsabilidad y los procedimientos de mejora continua. Los resultados pueden ser sorprendentes incluso para el profesorado.





# 4. EJEMPLOS DE ACTIVIDADES DEL LABORATORIO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

En este capítulo se recogen ejemplos sacados de actividades reales de laboratorios de Ciencias y Tecnología, adaptados y relacionados con los componentes de la competencia específica, definida previamente en el capítulo 2. El objetivo es que puedan servir de guía y de orientación al profesorado para la planificación de actividades en los laboratorios, en la que se recojan aspectos que ya se hacen actualmente y se integren en una nueva forma de planificar, desarrollar y evaluar la actividad coherente con el trabajo por competencias.

Los ejemplos propuestos en este capítulo se han seleccionado en función de los criterios siguientes:

- Variedad en los niveles de complejidad: desde el nivel competencial 1 hasta el 4, según se ha establecido en el apartado 2.3.
- Divergencia en la estructura, en función del peso atribuido a los diferentes momentos de la actividad (prelaboratorio, durante el laboratorio y postlaboratorio).
- Diferencia en el alcance de la actividad propuesta. Se pueden encontrar prácticas o experimentos puntuales dentro de una asignatura, actividades que forman parte de un conjunto de actividades experimentales o actividades que representen toda la asignatura.

## 4.1. EJEMPLO DE PLANIFICACIÓN DE UNA ASIGNATURA O MATERIA PARA EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA ESPECÍFICA

Consideraciones previas para la lectura de los ejemplos de las fichas de planificación de las materias/asignaturas:

- En el apartado «Competencias que desarrolla la materia o asignatura», los ejemplos se centran en la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas», y hay que ser conscientes de que determinadas materias o asignaturas tendrán que contribuir al desarrollo de otras competencias específicas propias de la disciplina y de otras competencias genéricas establecidas por la titulación.
- En el apartado «Objetivos y resultados de aprendizaje», se describen los objetivos y los resultados de aprendizaje propios de la competencia específica para los laboratorios de Ciencias y Tecnología, aunque en la planificación de las materias o asignaturas este apartado tiene que incluir el resto de objetivos y resultados de aprendizaje

correspondientes al nivel competencial de las competencias definidas previamente (tanto las genéricas como las específicas). Por otra parte, también hay que considerar que la competencia «Aplicar el método científico para la resolución de problemas» integra necesariamente, en su trabajo en el laboratorio, los contenidos y los conocimientos propios de la disciplina, de manera que para definir este apartado puede resultar de utilidad para el profesorado recuperar la definición que aporta esta guía de cada uno de los niveles competenciales (véase el apartado 2.3 de esta guía), contextualizarlos y adaptarlos a los contenidos y conocimientos de la disciplina.

A continuación, se presenta el ejemplo de planificación de la asignatura Experimentación en química.<sup>15</sup>

Datos generales	
Titulación	Ingeniería Química
Asignatura	Experimentación en química
Curso/cuatrimestre	4º cuatrimestre
Nivel competencial	2

### Datos específicos de la asignatura o materia

#### Descripción/contextualización

Esta asignatura es de carácter experimental y está constituida por un conjunto de actividades de laboratorio que configuran una parte de la experimentación en química, con un contenido centrado en la aplicación de la química inorgánica y analítica. El objetivo general es iniciar y familiarizar al alumnado en las diferentes técnicas experimentales inorgánicas y analíticas utilizadas en un laboratorio químico, uno de los objetivos generales de la titulación.

En este caso, el alumnado cursa de manera simultánea, o ha cursado previamente, una asignatura que trata sobre los aspectos relacionados con los conceptos teóricos de esta materia. El alumnado ya ha hecho experimentos en el laboratorio general de química durante cursos anteriores y posteriormente también pasará por otros laboratorios docentes, más relacionados con el ámbito de la ingeniería química.

#### Competencias que desarrolla la materia/asignatura

Competencia específica: aplicación del método científico para la resolución de un problema en el ámbito de la química analítica.

Competencias genéricas: desarrollo del trabajo en equipo, aprendizaje autónomo, comunicación eficaz oral y escrita, y uso solvente de las nuevas tecnologías y recursos informacionales.

#### Contenidos de la materia

**Sesiones preliminares** de explicación general del funcionamiento y evaluación de la asignatura por el profesorado.

**Sesión de introducción** a las herramientas de gestión de información científicotécnica en los servicios de documentación de la biblioteca.

**Experimento 1:** determinación de la dureza de agua potable por valoración complexométrica. Dureza temporal, permanente y debida a Ca y Mg en diferentes tipos de aguas.

**Experimento 2:** determinación del contenido de ácido acetilsalicílico en un analgésico por volumetría. Hidrólisis básica y posterior volumetría ácido-base, por retroceso, de diferentes analgésicos.

**Experimento 3:** control de la turbiedad de agua potable por turbidimetría.

Determinación de la intensidad de la luz dispersada en muestras de agua potable para determinar las unidades de turbiedad según el método estándar de análisis de calidad de aguas potables.

<sup>15</sup> El diseño de actividad de esta asignatura se encuentra definido en el apartado 4.2.2 de esta guía, concretamente en el ejemplo 2.

**Experimento 4:** análisis de metales contaminantes en aguas por absorción atómica.

Determinación en ppm de la concentración de Cu y Ni en muestras de aguas residuales procedentes de industrias.

**Experimento 5:** control de calidad en una bebida de cola por potenciometría.<sup>16</sup>

---

### Objetivos y resultados de aprendizaje

Los objetivos y los resultados de aprendizaje esperados para el trabajo de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas en el ámbito de la química analítica» en el nivel competencial 2 son:

- a) Adquirir, registrar y expresar correctamente datos y resultados obtenidos durante la experimentación, utilizando las herramientas de medida básicas de un laboratorio químico de análisis clásicos e instrumentales, como pH-metros, balanzas analíticas, material volumétrico de precisión.
  - b) Diseñar y ejecutar experimentos relacionados con el análisis de controles de calidad de muestras acuosas, aplicando las técnicas instrumentales estándares de este tipo de laboratorios, como aparatos de turbidimetría, conductimetría, espectroscopia de absorción atómica, espectrofotometría UV-vis, cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC), etc., aparte de tratar e interpretar correctamente los datos y los resultados obtenidos, y elaborar gráficos.
  - c) Proponer y escoger modelos matemáticos que describan con precisión los resultados obtenidos, calculando los parámetros.
  - d) Utilizar el modelo obtenido para hacer predicciones o cálculos en casos de interés de complejidad similar. Argumentar los resultados y sacar conclusiones.
  - e) Tomar decisiones en función de las conclusiones sacadas, comunicarlás y defenderlas efectivamente.
- 

### Metodología

La materia se fundamenta en una metodología eminentemente práctica, centrada en el aprendizaje activo y colaborativo, que prioriza el planteamiento de problemas/situaciones de laboratorio estrechamente vinculados a la realidad personal y profesional y que permiten al alumnado construir de forma significativa su propio aprendizaje.

La experimentación está planificada de manera que el alumnado efectúe cada experimento en dos sesiones de cuatro horas en el laboratorio, en semanas intermitentes, para dejar tiempo a las tareas de prelaboratorio y postlaboratorio asociadas a cada experimento. Se hacen en parejas y de manera simultánea, así en cada sesión cada pareja lleva a cabo un experimento diferente. Cada experimento está duplicado, por una parte, para favorecer el trabajo en equipo entre dos parejas, que se constituirán en grupo de expertos en el experimento de la primera sesión y, por otra parte, porque con esta distribución no se hacen necesarios tantos experimentos diferentes, lo cual facilita el trabajo en casos de grupos numerosos. Cada grupo experto tiene que ir recibiendo datos del experimento realizado por los otros grupos y también ha de colaborar para resolver las dudas que puedan surgir durante la experimentación. Por consiguiente, todos los grupos, de una manera simultánea, asumen los roles de director y de subordinado, y se encuentran en las mismas condiciones respecto a las exigencias mutuas necesarias.<sup>17</sup> Tanto la preparación previa como el trabajo posterior en el laboratorio son más importantes para el grupo experto que para el resto del alumnado.

Durante el prelaboratorio, el objetivo principal es que el alumnado tome conciencia de lo que hará en el laboratorio y de los resultados que se esperan, muy relacionados con los objetivos del experimento y de

---

<sup>16</sup> Este contenido se desarrolla en el apartado 4.2.2.

<sup>17</sup> Siguiendo un modelo similar del que se ha desarrollado en el apartado 3.4.

manera coherente con las competencias que se quiere contribuir a promover. Con este prelaboratorio se pretende evitar el hecho de que el alumnado llegue al laboratorio y aplique una receta para posteriormente plantear cuestiones al profesorado del tipo «¿Es correcto este resultado?». Se potencia en esta fase el desarrollo de competencias genéricas como el uso solvente de las nuevas tecnologías y recursos informacionales, así como el aprendizaje autónomo.

Durante las sesiones en el laboratorio, el profesorado guía y reorienta el trabajo de cada grupo, y hace aclaraciones y explicaciones cuando lo cree oportuno, con lo cual favorece el proceso de aprendizaje, ya sea planteando cuestiones, revisando el diario del laboratorio o resolviendo dudas. Durante el tiempo en el laboratorio se desarrollan, además de la competencia específica de los laboratorios, las competencias genéricas: trabajo en equipo (para el cual disponen de pautas), manipulación y gestión con seguridad de reactivos, materiales químicos y residuos.

Como trabajo de postlaboratorio, se pretende siempre que el alumnado tenga ocasión de reflexionar sobre lo que ha hecho y así favorecer un aprendizaje más profundo. Durante esta fase las competencias genéricas que se desarrollan, aparte de las anteriores, son la comunicación eficaz oral y escrita.

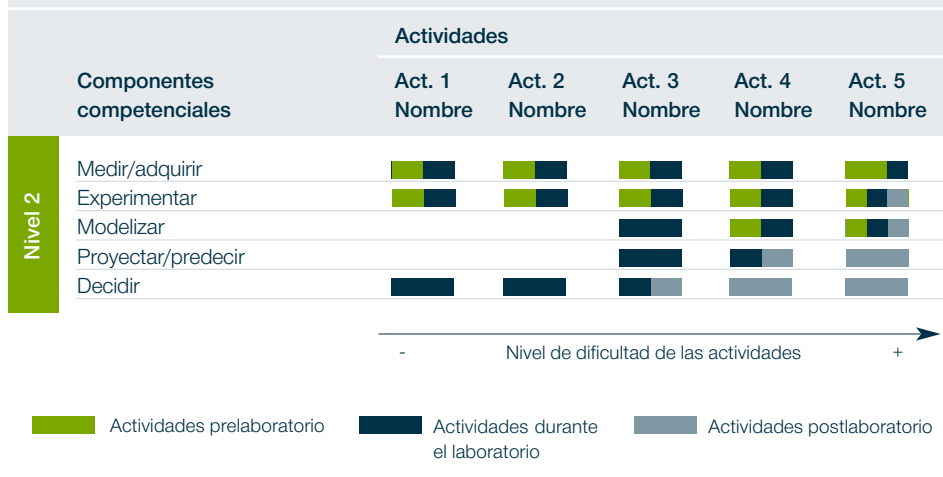
En el caso del grupo experto, el postlaboratorio consiste en la elaboración de un miniproyecto sobre otra aplicación de la técnica analítica de su experimento en una muestra de interés medioambiental o de la vida cotidiana. Este proyecto es encargado desde el inicio del curso para favorecer el trabajo continuado y por eso se regulan los datos de seguimiento con el docente tutora. También se les proporciona plantillas de elaboración y modelos de trabajos científicos y de póster, material de aprendizaje de trabajo en equipo y plantillas de actas de reuniones. Se prevé la entrega de una tabla con datos de dedicación de tiempo en horas para la elaboración del miniproyecto, en qué se especifican también las fechas, los objetivos, los miembros del grupo, las tareas y las propuestas para la sesión siguiente, etc., para poder calcular los ECTS de la asignatura.

---

#### **Sistema de evaluación y calificación**

- *Sistema de calificación (orientativo)*: libreta de laboratorio del alumnado por parejas (20%); prueba práctica por parejas (30%); prueba de desarrollo individual (20%); presentación de un miniproyecto en formato escrito y póster en grupos de cuatro miembros (30%).
  - *Sistema de evaluación de la competencia específica de laboratorio*: la asignatura se caracteriza por introducir la evaluación formativa y continuada del grado de consecución de la competencia específica del laboratorio, proporcionando una retroalimentación continua del profesorado con el objetivo de acompañar el proceso de aprendizaje del alumnado en caso de errores conceptuales y/o metodológicos. Este *feedback* tiene lugar durante la realización de cada una de las actividades previstas. El seguimiento del grado de consecución de la competencia específica de los laboratorios se hace mediante los criterios definidos en la rúbrica del nivel competencial 2.
-

Planificación de actividades



## **4.2. EJEMPLOS DE FICHAS DE DISEÑO DE ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA ESPECÍFICA «APLICAR EL MÉTODO CIENTÍFICO PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS»**

Aunque la ficha propuesta en el apartado 3.1.2, sobre diseño de actividades, se ha elaborado con la finalidad de integrar tanto los contenidos como el resto de competencias genéricas y/o específicas a las cuales contribuye la actividad dentro de la asignatura, los ejemplos propuestos pretenden dar al profesorado una visión más concreta y centrada en la competencia específica del ámbito de los laboratorios de Ciencias y Tecnología, que aclare qué cambios implica o qué supone de nuevo para el profesorado integrar esta competencia específica en las actividades que actualmente desarrolla en el laboratorio.

Seguidamente, en los ejemplos de fichas de diseño de actividades, se introduce un apartado en el que se recoge de forma más detallada el desarrollo en el laboratorio. En el anexo 4 se pueden encontrar más ejemplos de experimentos en laboratorios de Ciencias y Tecnología.

## 4.2.1. Ejemplo 1. Experimento: El divisor de tensión

### Ficha de diseño de actividad del experimento: El divisor de tensión

#### Datos generales de la actividad

**Materia/ asignatura:** Componentes y circuitos

**Nivel competencial:** 1

**Componentes de la competencia:** todos

**Nº de actividad:** 2

**Nombre de la actividad:** El divisor de tensión

**Tiempo de dedicación del alumnado a la actividad:**

Prelaboratorio: 2 horas

Durante el laboratorio: 4 horas

Postlaboratorio: 2 horas

#### Desarrollo de la actividad

##### Contenidos que se trabajan en la actividad

**Experimento 2:** El divisor de tensión

- Trabajo y diferencia de potencial.
- Corriente eléctrica.
- Potencia eléctrica.
- Componentes, dispositivos y circuitos.
- Leyes de Kirchhoff.
- Ley de Ohm.
- Concepto de circuito equivalente.
- Asociación de resistencias en serie. El divisor de tensión.

##### Objetivos y resultados de aprendizaje

Objetivos y resultados de aprendizaje propios de la actividad:

Al finalizar este experimento el alumnado tiene que ser capaz de:

- Utilizar correctamente el multímetro para hacer medidas de tensión, corriente y resistencia.
- Identificar los componentes y los dispositivos de un circuito eléctrico básico.
- Expresar las medidas de tensión, corriente y resistencia con el número correcto de cifras significativas después de haber determinado la incertidumbre.
- Seleccionar un circuito que desarrolle una función predeterminada.
- Determinar la expresión algebraica que define el comportamiento de un divisor de tensión.
- Utilizar la herramienta de simulación Proteus como alternativa al análisis manual de circuitos.

Los objetivos y los resultados de aprendizaje esperados para esta actividad sobre la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de un problema en el ámbito de la electrónica analógica» son los que se indican en el nivel competencial 1.

##### Metodología

En el desarrollo de este experimento de laboratorio se introducen algunas estrategias pertenecientes al **aprendizaje cooperativo**, para incrementar la comunicación entre los miembros del grupo base y entre los diferentes grupos de la clase e intentar que cada miembro del grupo se responsabilice del aprendizaje del compañero o compañera.

El primer día de clase el docente explica los objetivos de la asignatura, indica el material necesario y define los grupos de prácticas. Estos grupos, de dos personas, tienen que ser lo más heterogéneos posibles a fin de que cada miembro pueda aprovechar al máximo las potencialidades de la pareja.



Para formar los grupos de manera eficiente se divide la clase en dos secciones: la primera está compuesta por alumnado con un poco de experiencia en el manejo de instrumentos de laboratorio (porque ha cursado otras asignaturas o procede de un módulo profesional) y la segunda, por alumnado proveniente de bachillerato que no tiene ninguna experiencia en el laboratorio. El docente asigna de manera aleatoria un número a cada miembro de la primera sección y sigue el mismo procedimiento para los componentes de la segunda sección. El alumnado que tenga el mismo número formará pareja.

Los grupos disponen del **manual de prácticas** o guión de laboratorio, en qué se detallan todos los experimentos que se llevarán a cabo (siete prácticas y un pequeño proyecto de aplicación); una **carpeta**, donde guardarán los diferentes **informes previos (prelaboratorio)**, que cada grupo de prácticas tiene que enseñar al profesorado al inicio de cada sesión, y los informes de cada práctica que el alumnado vaya elaborando en cada sesión. La **libreta de laboratorio** tiene que contener los resultados y las incidencias que surjan durante la realización y el montaje de cada experimento. En esta libreta el alumnado anota de manera secuencial toda la información recogida (diagramas de conexiones de los montajes, cálculos numéricos, explicaciones del profesorado, etc.), con lo cual se intenta inculcar el **hábito del método científico**.

En cada experimento y de manera alternada cada miembro del grupo tiene que responsabilizarse del contenido de la carpeta y de la libreta de laboratorio, una vez consensuado por los dos componentes. Cada grupo tiene que tener muy claro que el éxito individual se consigue a partir del éxito del grupo, por lo cual cada miembro tiene que asegurarse de que la pareja ha asimilado los conceptos y las habilidades correspondientes a cada experimento, dado que durante la sesión de laboratorio el profesorado pasa por cada grupo y plantea una serie de cuestiones de forma aleatoria y asigna la puntuación al grupo. Esta valoración asegura que el alumnado se toma seriamente este proceso de aprendizaje y verifica mutuamente que sabe responder las preguntas del docente.

Paralelamente al desarrollo de cada sesión de laboratorio, el alumnado tiene que responder las cuestiones del guión sobre el experimento, lo cual da como resultado el **informe de laboratorio**. Al inicio de la sesión siguiente, el profesorado entrega el informe corregido, lo cual facilita que el alumnado se dé cuenta de los aciertos y los errores que ha cometido.

---

### Evaluación: estrategias, instrumentos, criterios y calificación

Las evidencias recogidas durante esta actividad son las siguientes:

- **Prelaboratorio:** el alumnado tiene que presentar en grupo una copia del **informe previo**, en el que la nota se asigna equitativamente entre los dos miembros del grupo. Este informe previo se devuelve corregido al inicio de la sesión siguiente. El profesorado también plantea una serie de **cuestiones orales** al alumnado para comprobar que ha entendido lo que se tiene que hacer en el laboratorio.
- **Durante el laboratorio:** el docente plantea **cuestiones orales** durante el laboratorio para identificar el grado de conocimiento del alumnado, para saber cómo está trabajando y comprobar el trabajo que ha llevado a cabo. Durante el laboratorio, el alumnado elabora la **libreta de laboratorio**. Además, el docente recoge evidencias a partir de la **grabación de la actuación del alumnado en el laboratorio**.
- **Postlaboratorio:** es en este momento cuando el alumnado tiene que entregar el **informe de laboratorio**.

En el momento de prelaboratorio y durante el laboratorio, la evaluación tiene una finalidad claramente formativa, mientras que en el momento postlaboratorio se caracteriza por la finalidad sumativa.

Los criterios de evaluación utilizados para esta actividad son los que recoge la rúbrica del nivel competencial 1 (como por ejemplo argumentar correctamente los resultados para sacar conclusiones), además de los siguientes:

- Buena presentación/limpieza.
- Ortografía correcta.
- Respuesta adecuada a las preguntas orales y escritas planteadas por el profesorado.

La calificación de esta actividad representa un 10% de la nota final de las prácticas de la asignatura.

## Desarrollo del experimento: El divisor de tensión

### a. Escenificación

Suponed que disponéis de una batería de 9 V y tenéis que aplicar una tensión de referencia a un convertidor analógico digital de 5 V. ¿Cuál sería el circuito resistivo más simple que os permitiría realizar esta función? Decidid, después de analizar una serie de muestras circuitales, si cumplen el requisito anterior.

### b. Trabajo de prelaboratorio

Responded a las cuestiones siguientes, después de leer el trabajo en el laboratorio.

- Averiguad mediante una búsqueda en Internet el código de colores de las resistencias que determinan el valor nominal y la tolerancia.
- ¿Cuáles son los colores que determinan las resistencias de valores 1 k $\Omega$  y tolerancia 5%, 4k7 y tolerancia 10%?
- Ejecutad algún programa de ejemplo de circuitos eléctricos básicos que se encuentran en el «Help» del programa de simulación de circuitos Proteus.
- Haced una representación de la característica corriente/tensión de una resistencia de 2,2 k $\Omega$  y una resistencia de 5k6.
- Explicad razonadamente los conceptos de diferencia de potencial y corriente eléctrica.
- Consultad el manual del multímetro digital e indicad la incertidumbre en la medida de tensión, corriente y resistencia.

**Informe de prelaboratorio.** *(Este informe puede ser útil tanto para la autoevaluación del alumnado como para la evaluación que tiene que hacer el profesorado en el prelaboratorio. Esta evaluación es básicamente formativa.)*

Medir/adquirir	Respuesta alumnado
¿Cuál es la precisión con que se tienen que medir las diferentes magnitudes del experimento?	Es la precisión de los instrumentos de medida. En este caso, la del multímetro del laboratorio.
¿Qué garantía se tiene de la exactitud de la medida de las diferentes magnitudes del experimento?	Relacionado con la elección del material utilizado (tolerancia de las resistencias) e incertidumbres de los instrumentos de medida.
¿Cuáles son los patrones de referencia de estas medidas? ¿Se tendrá que hacer alguna prueba de control o en blanco?	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Patrones para calibrar el multímetro digital cuando haga falta.</li><li>■ No se necesita hacer ninguna prueba de control o en blanco.</li></ul>

## Experimentar

¿Qué hipótesis se plantea?

Deducir un circuito (divisor de tensión) que obtenga en la salida 5 V, a partir de una entrada de 9 V.

¿Cuáles son las variables de entrada y cuáles las variables de respuesta del sistema que se estudia?

- Apartado E4. Variables de entrada: tensiones que aplicamos en la entrada del circuito. La variable de respuesta: tensión de salida del circuito.

¿Qué variables del sistema tienen que estar explícitamente fijadas con tal de simplificar el estudio?

- Fijadas: resistencias del circuito y tensiones de entrada.

Decisiones: rango de variación de las variables de entrada. ¿Por qué?

- Tienen que garantizar que los elementos del circuito disipen una potencia adecuada, para evitar la destrucción. La exactitud en las variables de control no es crítica. Lo que interesa es el cociente entre la salida y la entrada del sistema.

Cantidad de medidas. ¿Por qué?

- Medidas suficientes para poder satisfacer los requisitos de la práctica.

## Modelizar

¿Qué modelo o gráfico se tiene que utilizar para correlacionar los valores de las variables de control y las respuestas del sistema?

Se trata de un modelo algebraico que relaciona las resistencias del circuito y la tensión de entrada con la tensión de salida.

¿El modelo o gráfico que se utiliza es empírico? ¿De principios básicos/fundamentales?  
¿Cuál es el rango de validez del modelo?

- Es de principios básicos/fundamentales, ya que corresponde a una expresión matemática deducible a partir de la ley de Ohm y de las leyes de Kirchhoff.

¿Se puede utilizar el modelo para extrapolar o sólo para interpolar?

- Este modelo se puede utilizar para extrapolar los resultados a otros valores de tensiones de entrada y de resistencias.

¿Se tienen que ensayar diferentes modelos?  
¿Se tienen que validar estos modelos?

- Como *a priori* no se sabe el modelo del divisor de tensión, se ensayan diferentes modelos para deducir el más simple. Estos modelos se pueden validar experimentalmente y teóricamente.

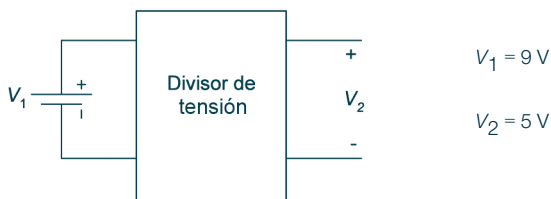
¿En qué se basa la decisión de escoger uno y no otro?

- La decisión es en función del cumplimiento de los requisitos iniciales y de que el modelo sea lo más simple posible.

### c. Trabajo en el laboratorio

#### Introducción

Las tensiones con las cuales trabajan los circuitos electrónicos suelen ser bajas y continuas, por ejemplo 5 V ó 3 V. ¿Si disponemos de una pila de 9 V y queremos alimentar un circuito a una tensión de 5 V, qué circuito de interfaz (nombrado *divisor de tensión*) podemos usar?



Un divisor de tensión es un circuito resistivo lineal que obtiene una tensión de salida que es una fracción de la tensión de entrada. Su estudio y su análisis permiten resolver circuitos de más complejidad por medio de la técnica de reducción de circuitos.

#### Seguridad y medio ambiente

El riesgo cero no existe. Tomad las precauciones habituales en el laboratorio y tened especial cuidado con las conexiones con las cuales trabajáis.

Sed estrictos con la manipulación del material eléctrico y electrónico. Minimizad el volumen de residuos generados y así reduciréis el coste económico y medioambiental del experimento.

Todos los residuos generados tienen que ser vertidos al depósito correspondiente del laboratorio.

#### Procedimiento experimental

Disponéis de tres resistencias de valores: 1 k $\Omega$ , 1k2 y 4k7, y una fuente de alimentación que os hará la función de batería para obtener el circuito que queréis.

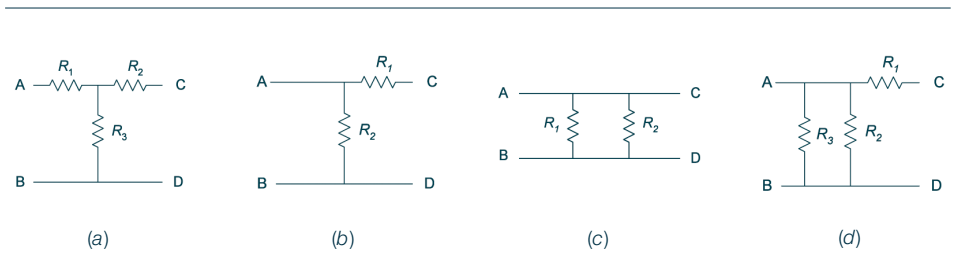
**E1. Medid** con el multímetro digital cada una de las resistencias e indicad la incertidumbre que os da el manual del instrumento. Utilizad únicamente las cifras significativas que creáis convenientes. Completad la tabla 1.

Tabla 1. Medida de resistencias

	Colores	Valor nominal	Tolerancia ( $\Omega$ )	Margen de valores que contiene el valor real de la resistencia	Valor medido y su incertidumbre ( $\Omega$ )
R					

E2. Con las resistencias anteriores **realizad el montaje** de las cuatro topologías resistivas siguientes.

Figura 1. Topologías de circuitos resistivos



Siguiendo vuestro criterio, poned el valor numérico que queráis a cada resistencia y medid con el multímetro la resistencia equivalente ( $R_{eq}$ ) de cada configuración, entre los terminales A-B y C-D.

Tabla 2. Medida de resistencias equivalentes

	Valor medido y su incertidumbre ( $\Omega$ )	
	Entre A y B	Entre C y D
$R_{eq}$		

E3. Como todos sabemos, la energía es un bien escaso, por lo tanto, los circuitos que diseñamos tienen que consumir lo menos posible. En esta parte mediremos el **consumo** de las cuatro configuraciones anteriores, aplicando primero la fuente de alimentación de 9 V entre los terminales A y B y después entre los terminales C y D.

*Tabla 3. Medida del consumo (corriente eléctrica) de cada topología*

	Valor medido y su incertidumbre (A)	
	Corriente que entra por el terminal A	Corriente que entra por el terminal C
I		

**E4.** En las configuraciones de la figura 1, aplicad entre los terminales A y B una tensión de 9 V y medid la tensión entre los terminales C y D. Repetid las medidas, pero ahora aplicad la fuente de alimentación entre los terminales C y D y medid la tensión entre los terminales A y B.

*Tabla 4. Medida de tensiones*

	Valor medido y su incertidumbre (V)	
	Tensión medida entre A y B	Tensión medida entre C y D
V		

¿Habéis alcanzado aproximadamente los 5 V en algunas de las anteriores configuraciones? Ordenad de mayor a menor la tensión alcanzada en las 4 configuraciones anteriores y descartad las que creáis que no satisfacen la **hipótesis inicial**.

**E5.** A partir de las medidas anteriores, si habéis tenido suficiente como para alcanzar la **hipótesis inicial**, o bien ha sido a partir de otras pruebas que habéis tenido que hacer, seleccionad un circuito que satisfaga los requisitos iniciales, con el mínimo consumo de corriente.

**E6.** A partir de la ley de Ohm y las leyes de Kirchhoff **deducid** la expresión que relaciona la tensión de salida del divisor de tensión y la tensión de entrada. Haced un gráfico que relacione la tensión de salida en función de la tensión de entrada de los diferentes circuitos estudiados. ¿Cuántos componentes tiene el circuito? ¿Se puede obtener un modelo circuital con menos componentes? Justificad vuestra respuesta.

**E7.** Conectad el circuito que habéis seleccionado a una resistencia de 5k $\Omega$ . ¿Cuál es la tensión entre sus terminales? ¿Ha aumentado o disminuido la tensión respecto a la medida en circuito abierto? ¿Por qué?

## Resultados

Responded las cuestiones siguientes y entregadlas al profesorado al finalizar el experimento:

1. El esquema de la estructura de divisor de tensión más simple es:
2. La expresión algebraica de la tensión de salida ( $V_2$ ) en función de la tensión de entrada ( $V_1$ ), que **modeliza** el comportamiento de un divisor de tensión, habéis **decidido** que es:
3. Otras estructuras que pueden hacer la función de divisores de tensión son:

#### d. Trabajo de postlaboratorio

##### Discusión de resultados

1. ¿Cómo tienen que ser las resistencias de un divisor de tensión a fin de que el consumo del circuito sea pequeño?
2. ¿Por qué decimos que un divisor de tensión es lineal?
3. Comparad el resultado obtenido de la expresión algebraica del divisor de tensión con lo que habéis encontrado en la bibliografía y con los resultados de los compañeros.

##### Conclusiones

- Enumerad claramente las conclusiones generales de este experimento. ¿Cuál es la expresión algebraica de un divisor de tensión?
- ¿Qué sucede si se conecta una resistencia a la salida de un divisor de tensión? Justificad vuestra respuesta.
- **Decidid** si los resultados obtenidos con los diferentes circuitos (teniendo en cuenta los resultados de los compañeros) son correctos.
- Buscad algunas aplicaciones prácticas reales del divisor de tensión.

**Informe de laboratorio y postlaboratorio.** *(Útil tanto para el profesorado cuando planifica o diseña la actividad en el laboratorio como para la evaluación, con la rúbrica del nivel competencial, y para el alumnado como autoevaluación.)*

Identificad los elementos aplicados de la competencia específica «Aplicación del método científico» aplicados durante la ejecución del experimento y después de éste:

<b>Medir/adquirir</b>		<b>Apartado del experimento</b>	
Adquirir datos		Apartados E1, E2, E3, E4	Lab.
Registrar y documentar resultados y condiciones experimentales		Apartados E1, E2, E3, E4	Lab.
Expresar correctamente datos y resultados		Apartados E1, E2, E3, E4	Lab.
Utilizar las herramientas de medida necesarias para la realización de las prácticas		Apartados E1, E2, E3, E4	Lab.
<b>Experimentar</b>			
Comprobar hipótesis		Apartados E4, E5, E6, E7	Lab.
Tratar e interpretar correctamente los datos experimentales		Apartados E5, E6	Lab.
Elaborar gráficos e interpretarlos correctamente		Apartado E6	Lab.
<b>Modelizar</b>			
Ajustar los datos obtenidos al modelo o modelos matemáticos propuestos y calcular los parámetros		Apartados E5, E6	Lab.
<b>Proyectar/predecir</b>			
Argumentar los resultados y sacar conclusiones		Discusión de resultados y conclusiones	Post.
<b>Decidir</b>			
Tomar decisiones en función de las conclusiones y de la viabilidad (técnica, económica, etc.)		Según la coherencia de todos los resultados	Post.
Comunicar y defender las decisiones		Discusión de resultados y conclusiones	Post.



## 4.2.2. Ejemplo 2. Control de calidad de una bebida de cola

### Ficha de diseño de actividad del experimento: Control de calidad de una bebida de cola

#### Datos generales de la actividad

**Materia/asignatura:** Experimentación en química

**Nivel competencial:** 2

**Componentes de la competencia:** todos

**Nº de actividad:** Última (5)

**Nombre de la actividad:** Control de calidad de una bebida de cola

**Tiempo de dedicación del alumnado a la actividad:**

Prelaboratorio: 6 horas

Durante el laboratorio: 12 horas

Postlaboratorio: 30 horas

#### Desarrollo de la actividad

##### Contenidos que se trabajan en la actividad

**Experimento 5:** Control de calidad de una bebida de cola por potenciometría.

- Descripción de los fundamentos químicos de la técnica potenciométrica.
- Interpretación de estos diagramas logarítmicos de sistemas ácido-base polipróticos realizados mediante un programa de cálculo (VCHEM).
- Simulación con el programa interactivo (V-LAB.3D)<sup>18</sup> de un laboratorio virtual para diseñar la técnica de potenciometría (estableciendo las variables y constantes del sistema químico).
- Construcción e interpretación de curvas de valoración ácido-base relacionadas con el modelo matemático que describe sistemas ácido-base polipróticos.
- Medida y monitorización de variaciones de propiedades y cambios químicos con un pH-metro.
- Realización de cálculos gráficos para determinar, a partir de curvas de valoración experimentales, el valor de la concentración de una especie ácida o básica en solución.
- Manipulación, con seguridad e higiene, de materiales, reactivos y residuos químicos.
- Conducir adecuadamente procedimientos estándares e instrumentación básica de laboratorio químico.

##### Objetivos y resultados de aprendizaje

Objetivos y resultados de aprendizaje propios de la actividad:

Al finalizar la actividad, el alumnado tiene que ser capaz de:

- Identificar el ácido inorgánico componente de una bebida de cola y averiguar el rango habitual de concentración de este ácido en estas bebidas.
- Aplicar el programa de cálculo de equilibrios VCHEM (disponible en las aulas informáticas del centro), para realizar e interpretar diagramas logarítmicos de sistemas ácido-base polipróticos. Utilizar el programa interactivo VLAB 3D (aulas informáticas) para simular la potenciometría del sistema «estudio» en un laboratorio virtual.
- Identificar las magnitudes o variables del sistema que se tienen que medir en una potenciometría y representar gráficamente las variables y las respuestas de un sistema ácido-base, mediante una hoja de cálculo. Analizar y tratar correctamente los resultados obtenidos.
- Realizar o ejecutar el montaje experimental de una valoración potenciométrica y aplicarlo en una determinación ácido-base.
- Aplicar el mejor método de cálculo gráfico y numérico para el cálculo de la concentración del ácido.
- Calcular y expresar correctamente la concentración total del ácido en una bebida de cola.

<sup>18</sup> <http://hdl.handle.net/2117/341se>

- Extrapolar la aplicación de la potenciometría para la determinación del contenido ácido o básico de una bebida o compuesto de la vida cotidiana o con interés medioambiental.

Los objetivos y los resultados de aprendizaje esperados para esta actividad sobre la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de un problema en el ámbito de la química analítica» se corresponden al nivel competencial 2, y quedan explicitados en la ficha de la materia.

---

### Metodología de la actividad

La metodología que se sigue es la general de la asignatura, detallada en la ficha previa. Con el objetivo de situar el experimento en el mundo real, se plantea el problema como un encargo de análisis de control de calidad en el laboratorio de una empresa productora de bebidas de cola. Así, se fija el objetivo general de determinar la cantidad de ácido inorgánico presente en las bebidas, para comprobar si este valor es el que se espera. Se le pide al alumnado que lleve bebidas de cola, de marcas comerciales variadas. Para centrar el problema, se planifican unas actividades de prelaboratorio (consistentes en cuestiones orales y escritas y en la entrega de un informe) relativas al experimento, con el uso de un programa de cálculo de equilibrios ácido-base y un simulador interactivo en tres dimensiones a fin de que el alumnado sea consciente de los conceptos químicos asociados al experimento y al diseño de variables del procedimiento experimental.

Durante el laboratorio, se prevé la realización de dos sesiones presenciales de cuatro horas cada una con los objetivos siguientes:

- 1ª sesión: comprobar si el diseño experimental previsto es el adecuado.
- 2ª sesión: ejecutar el experimento.

En la medida en que para la resolución de este problema se prevén todos los componentes de la competencia específica de laboratorio y se prevé que la haga el grupo experto, como tarea de postlaboratorio tiene que entregar un miniproyecto en el que, además de presentar los datos recogidos (teniendo en cuenta los de los otros grupos), tratados e interpretados por escrito, se tiene que desarrollar alguna otra aplicación de la potenciometría como método de control de calidad de un producto y/o sustancia de interés en el medio ambiente o en la vida cotidiana. Cada grupo tiene asignado un profesor tutor, que hará un seguimiento, guiado, del proceso. Antes de la versión final, se prevé un seguimiento y la entrega de una o dos versiones previas con las correspondientes retroalimentaciones del profesor tutor, con el objetivo de dar opción a la mejora del trabajo del alumnado. Para favorecer el trabajo en equipo durante todo el proceso, el alumnado dispone de instrumentos (campus virtual), como plantillas de actas de reunión, cuestionarios de funcionamiento de grupo, además de una sesión presencial inicial de orientaciones y consejos relativos al trabajo en equipo (ingredientes del trabajo cooperativo, asignación de roles, etc.). También se le proporcionan guías (documentos de la biblioteca de la universidad) sobre como se tiene que elaborar un trabajo académico y un póster en formato científico.

Finalmente, hay una sesión presencial para la presentación y la discusión del póster ante el resto de grupos y profesorado y para la evaluación y la coevaluación de los pósteres. Se hace en una sesión única y pública, organizada de manera similar que los congresos científicos: todos los grupos han de llevar un breve resumen del contenido del póster para entregar al resto de grupos y al profesorado; cada miembro del grupo tiene que estar un tiempo fijado delante del póster defendiéndolo, mientras los compañeros y compañeras se pasean preguntando las dudas que tienen a los otros grupos, con el objetivo de comprender los contenidos de todos los pósteres presentados. Durante este tiempo, el profesorado también plantea cuestiones valorando los diferentes aspectos de los pósteres.

Se prevé una dedicación del alumnado de seis horas de trabajo autónomo de prelaboratorio para la simulación y los cálculos de equilibrio y de trabajo autónomo/dirigido de postlaboratorio para sacar conclusiones del experimento y para la elaboración, el seguimiento y la presentación del miniproyecto.

---

### Evaluación: Estrategias, instrumentos, criterios y calificación

En la tabla que se presenta a continuación, centrada en la competencia específica de los laboratorios, se hace una relación entre las estrategias, los instrumentos y los criterios utilizados para la evaluación de las evidencias recogidas en los diferentes momentos de la actividad desarrollada.

Momento	Elementos/ partes de la actividad	Evidencias	Estrategia	Instrumentos de evaluación <sup>19</sup>	Criterios de evaluación <sup>20</sup> (nivel 2)
Pre	Trabajo previo de diseño y planificación del experimento	Cuestionario	■ Evaluación del profesorado	Cuestionario de evaluación de las respuestas del alumnado	Adquisición correcta de los datos
		Cuestiones orales	■ Evaluación del profesorado	Cuestionario de evaluación de las cuestiones orales respuestas por el alumnado	Diseño adecuado del experimento  Utilización y aplicación adecuada de los instrumentos
		Informe de prelaboratorio	■ Evaluación del profesorado. Autoevaluación	Rúbrica de evaluación y de autoevaluación del informe	Tratamiento e interpretación correcta de los datos experimentales
Durante	Ejecución del experimento	Libreta de laboratorio	■ Evaluación del profesorado	Corrección de la libreta	Ajuste adecuado de los datos experimentales
		Informe de resultados y cálculos	■ Evaluación del profesorado. Autoevaluación	Rúbrica de evaluación y autoevaluación de los resultados y de los cálculos	Toma de decisiones coherente con las conclusiones sacadas
		Grabación de la actuación del alumnado	■ Evaluación del profesorado	Rúbrica de observación de la actuación	
Post	Elaboración del proyecto	Proyecto	■ Evaluación del profesorado	Rúbrica de evaluación	
	Presentación del póster	Póster	■ Evaluación del profesorado ■ Coevaluación	Rúbrica de evaluación y de coevaluación	

<sup>19</sup> Los instrumentos de evaluación introducen ítems vinculados con los contenidos y los componentes de la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de problemas».

<sup>20</sup> Para la elaboración de estos criterios de evaluación, sería conveniente utilizar las rúbricas aportadas por esta misma guía sobre los diferentes niveles competenciales (véase el apartado 3.3.5).

Al inicio de la sesión del laboratorio, el profesorado comprueba oralmente y de forma individual alguna de las respuestas a las cuestiones previas y revisa el informe de prelaboratorio, de acuerdo con los criterios establecidos en la rúbrica correspondiente para el desarrollo de la competencia específica.

La valoración del trabajo durante la experimentación en el laboratorio se hace mediante la libreta de laboratorio y la grabación de la actuación del alumnado, tanto de la adquisición, la grabación y la expresión adecuadas de datos experimentales como de la ejecución del experimento. Al final del experimento cada pareja tiene que entregar el informe con los cálculos (elaborados en el mismo laboratorio con ordenador y Excel), los gráficos y los resultados obtenidos que el profesorado devolverá en la próxima sesión corregidos, con la retroalimentación correspondiente. Mientras el alumnado recibe una valoración de su trabajo, se le da la opción, si conviene, de enmendar el informe y volver a entregarlo tantas veces como sea necesario antes de finalizar las sesiones experimentales. Esta evaluación tiene una finalidad formativa, ya que toda la información sirve al alumnado para ver el grado de consecución de la competencia específica de laboratorio en su nivel competencial y le sirve también para la realización de una prueba práctica final.

Para la evaluación de postlaboratorio, se utiliza la elaboración de un miniproyecto y la presentación de un póster. Al final de la sesión de presentación del póster, cada grupo evalúa al resto de grupos en función de los criterios dados por el profesorado mediante una rúbrica. Finalmente, y para potenciar la discusión y sacar conclusiones generales, dentro del aula el profesorado plantea cuestiones de forma oral y en público, tanto de manera individual como grupal, sobre el trabajo de cada uno y el del resto de compañeros y compañeras. De manera no presencial (a través del campus virtual) se pasa al alumnado un cuestionario para que reflexione tanto sobre su participación en el grupo como sobre la de los compañeros y compañeras.

La calificación de esta actividad representa un 35% de la nota final de la asignatura, ya que incluye, además de la actividad de prelaboratorio y la de laboratorio (5%), la elaboración y la presentación del miniproyecto en formato escrito y póster (15% + 15%).

---

## Desarrollo del experimento: Control de calidad de una bebida de cola

### a. Escenificación

Suponed que sois encargados del laboratorio de control de calidad en una línea de producción de bebidas de cola y la concentración de ácido inorgánico presente tiene que estar dentro de un rango concreto. Decidid, después de analizar una serie de muestras, si la línea de producción está funcionando correctamente y si firmaríais los análisis que se han llevado a cabo.

### b. Trabajo de prelaboratorio

Responded a las cuestiones siguientes, después de leer el trabajo en el laboratorio y antes de hacer el experimento:

- a) *Averiguad, mediante una búsqueda en Internet:*  
¿Qué tipo de ácido inorgánico contiene una bebida de cola? ¿En qué concentración aproximada se acostumbra a encontrar?
- b) *Con el programa de cálculo de equilibrios químicos VCHEM:*  
Realizad el diagrama logarítmico del sistema ácido-base correspondiente. Indicad las zonas de predominio de las diferentes especies del sistema.
- c) *Deducid, mediante este diagrama, el pH inicial aproximado de una disolución del ácido correspondiente.*
- d) *Diseñad el procedimiento experimental que se tendrá que efectuar en el laboratorio y detallad el material y los reactivos necesarios. Para hacerlo, utilizad el programa virtual interactivo, VLAB 3D, que permite simular el experimento dentro de un laboratorio virtual en las condiciones de trabajo.*
- e) *Dibujad la forma teórica de la curva de valoración del ácido mencionado.*
- f) *Identificad los métodos gráficos de cálculo que normalmente se utilizan para la determinación de la concentración de un ácido poliprótico mediante curvas de valoraciones.*
- g) *Explicad razonadamente el fundamento químico de una potenciometría y las reacciones ácido-base implicadas.*

El informe siguiente permite relacionar el desarrollo del experimento con los diferentes componentes y elementos de la competencia específica «Aplicación del método científico para la resolución de problemas en el ámbito de la química analítica».

**Informe de prelaboratorio.** *(Este informe puede ser útil tanto para la autoevaluación del alumnado como para la evaluación que tiene que hacer el profesorado en el prelaboratorio. Esta evaluación es básicamente formativa.)*

Medir/adquirir	Apartado del experimento
<p>¿Qué ácido inorgánico y en qué concentración acostumbra a estar presente en una bebida de cola?</p>	<p>Ácido fosfórico, aproximadamente 0,01 gr por 100 mL de bebida (<math>1 \cdot 10^{-3}</math> M).</p>
<p>¿Cuál es el valor de pH inicial, utilizando el diagrama logarítmico? ¿Cuál es el valor aproximado del pH final de la valoración?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Valores entre 1 y 2.</li> <li>■ Aproximadamente pH 10, porque el segundo salto ya es suficiente.</li> </ul>
<p>¿Cuál es la precisión con la cual se tienen que medir las diferentes magnitudes del experimento?</p>	<p>El valorante se tiene que medir con la bureta, con una precisión aproximadamente de 0,1 mL y el volumen de bebida, con pipeta. El pH con 1 decimal es suficiente (material utilizado durante los apartados 1 y 2 del procedimiento experimental).</p>
<p>¿Se tiene que hacer alguna prueba de control o en blanco? ¿Cuáles son los patrones de referencia de estas medidas?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No hay que hacer ninguna prueba de control en blanco, pero se tiene que calibrar el pH-metro.</li> <li>■ Patrones para calibrar el pH-metro: 4 y 7.</li> </ul>

## Experimentar

¿Qué hipótesis se plantea?	Es un ácido triprótico: en concreto, el fosfórico.
¿Qué número de saltos podremos observar en la curva de valoración teórica?	Teóricamente tres, porque el ácido puede intercambiar tres protones.
¿Qué valorante es adecuado utilizar? ¿Y de qué concentración aproximada?	Base fuerte: NaOH 0,02 M de acuerdo con la concentración aproximada de ácido en la cola.
¿Cuáles son las variables de control y cuáles serán las variables de respuesta del sistema que se estudia?	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Variables de control: incremento de volumen del valorante adicionado y criterio de estabilidad de medida. La variable de respuesta: pH de la solución resultante.</li></ul>
¿Qué variables del sistema tienen que estar explícitamente fijadas con el fin de simplificar el estudio?	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Fijadas: temperatura; volumen de disolución de bebida; tipo y concentración del valorante.</li></ul>
Decisiones: rango de variación de las variables de control. ¿Por qué?	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Volumen adicionado cada vez; <math>\Delta V = \text{cte} = 0,5</math> mL, para observar bien los cambios de pH y criterios de estabilidad de medida de pH siempre constante, p. ej. cinco segundos.</li></ul>
¿Número de medidas? ¿Por qué?	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Medidas suficientes para poder dibujar todos los saltos de la curva, hasta el plató constante pasado el último punto final (hay que hacer la curva al mismo tiempo que la potenciometría).</li></ul>
¿Cuáles son los métodos para el cálculo gráfico de la concentración de ácido?	El de la primera y la segunda derivadas.

## Modelizar

¿Qué modelo se tiene que utilizar para correlacionar los valores de las variables de control y las respuestas del sistema?	El de la representación de la curva de valoración del ácido fosfórico: el modelo calcula el pH en función del volumen de valorante adicionado, utilizando las concentraciones de ácido-base así como los valores de los pKa.
¿Cuál es el rango de validez del modelo?	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Válido para cualquier ácido débil poliprótico modificando los correspondientes valores de las variables del sistema ácido-base (pKa, C).</li></ul>
¿Se puede utilizar el modelo para extrapolar o sólo para interpolar?	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Sólo para interpolar.</li></ul>

## c. Trabajo en el laboratorio

### Introducción

Las bebidas carbonatadas tienen un alto grado de acidez porque contienen ácido.

En este experimento se determinará la concentración de ácido inorgánico en una bebida de cola carbonatada, mediante una valoración ácido-base, y se seguirá la reacción mediante una potenciometría utilizando un electrodo combinado. A partir de los resultados obtenidos se determinará la concentración de ácido inorgánico total presente en la bebida.

### Seguridad y medio ambiente

Consultad las hojas de seguridad de los reactivos y las disoluciones que se utilicen y obrad en consecuencia.

El riesgo cero no existe. Tomad las precauciones habituales en el laboratorio y tened especial cuidado con las conexiones eléctricas y las disoluciones ácidas o calientes con las cuales trabajáis.

Sed estrictos con la manipulación de las disoluciones y las muestras. Minimizad el volumen de residuos generados y así reduciréis el coste económico y medioambiental del experimento.

Todos los residuos generados tienen que ser vertidos en el depósito correspondiente del laboratorio, nunca en el fregadero.

### Procedimiento experimental

#### 1. Preparación de la muestra

Medid 100 mL de la muestra de cola, y calentadla hasta la ebullición durante 20 minutos.

Dejadla enfriar y preparad 100 mL de disolución en agua.

#### 2. Valoración potenciométrica de la muestra

Haced el montaje del experimento según se ha diseñado previamente (o según os han indicado).

Para hacer la valoración, hay bastante con 25 mL de disolución problema, que tenéis que verter en un vaso de precipitados. Introducid el electrodo combinado, que previamente se ha lavado y secado, en el vaso que contiene la muestra.

Conectad la agitación magnética y esperad un minuto, medid y anotad el pH de la disolución antes de iniciar la adición de la disolución del valorante. Seguidamente iniciad la valoración, siempre con agitación magnética, adicionando con cuidado volúmenes de 0.5 mL de disolución valorante, y fijad un criterio de medida constante durante toda la valoración.

Para la determinación del pH utilizad un pH-metro con un electrodo combinado que previamente tenéis que calibrar con dos disoluciones amortiguadoras de  $\text{pH} = 4$  y  $\text{pH} = 7$ . El electrodo inicialmente se encuentra en una disolución de HCl, lo tenéis que mantener siempre en disolución y tenéis que evitar que se seque.

#### 3. Obtención de las curvas de valoración y determinación del punto final

Realizad la valoración midiendo el pH después de cada adición de pequeñas cantidades de valorante y al mismo tiempo construid la curva de valoración  $\text{pH} = f(v_T)$ . Decidid el momento final de la valoración con el fin de poder identificar los diferentes saltos.



La determinación de los volúmenes de equivalencia, en una valoración potenciométrica, puede hacerse por diversos métodos, escoged el más adecuado.

Tendréis que recoger detalladamente el procedimiento experimental en la libreta de laboratorio.

### **Resultados y cálculos para la determinación**

*Contestad a las cuestiones siguientes (durante la sesión presencial) y entregad el informe al profesorado al finalizar el experimento:*

1. Construid las tablas correspondientes a las variables medidas y necesarias para la determinación (mediante la hoja de cálculo Excel).
2. Representad la curva de valoración y las gráficas necesarias para la determinación de los volúmenes de equivalencia (mediante la hoja de cálculo Excel).
3. Calculad la concentración total de ácido inorgánico presente en vuestra muestra.

### **d. Trabajo de postlaboratorio**

#### **Discusión de resultados**

1. Observad la curva de valoración obtenida e interpretad los saltos observados o cambios bruscos de pH y discutid la coherencia, según los valores de los pKa del ácido.
2. ¿Coincide el valor de pH inicial medido con el esperado? Razonad el valor obtenido y relacionadlo con las especies del sistema ácido-base (utilizad el diagrama logarítmico del sistema ácido-base).
3. Justificad la idoneidad del número de medidas realizadas y la elección del momento de acabar la valoración. ¿Hay bastantes datos experimentales? ¿El ajuste de los datos experimentales con la curva es el adecuado?
4. Razonad cuál de los métodos gráficos utilizados para calcular los diferentes volúmenes de equivalencia ofrece más garantías de éxito o considerad el que se ajusta más a los datos experimentales.
5. Comparad el resultado obtenido del cálculo de la concentración total de ácido en la bebida con los que habéis encontrado en la bibliografía y los resultados de los compañeros.

#### **Conclusiones**

- ¿Depende la concentración del ácido determinado de la muestra de bebida de cola? (Tened en cuenta los resultados de vuestros compañeros.)
- Decidid si los resultados obtenidos con las diferentes muestras de bebida (teniendo en cuenta los resultados de los compañeros) son correctos y, por lo tanto, si asumiríais firmar el análisis de control de calidad con estos resultados.

## Presentación del miniproyecto

Para el grupo experto:

Buscad otra posible aplicación de la potenciometría, como método de control de calidad de alguna muestra de interés en el medio ambiente o en la vida cotidiana, y elaborad un miniproyecto (memoria escrita y presentación póster). Para demostrar el interés del compuesto escogido, partid de alguna noticia publicada sobre algún problema que esté relacionado.

**Informe de laboratorio y postlaboratorio.** (Útil tanto para el profesorado cuando planifica o diseña la actividad en el laboratorio como para la evaluación, con la rúbrica del nivel de competencia, así como para el alumnado como autoevaluación.)

Medir/adquirir	Apartado del experimento	
Adquirir datos experimentales	Procedimiento experimental 2. Valores de V (mL) y pH	Lab.
Registrar datos y resultados y condiciones experimentales	Resultados y cálculos: tablas con datos experimentales	Lab.
Expresar correctamente datos y resultados	V: mL y resultado concentración: mol L <sup>-1</sup>	Lab.
	Resultados y cálculos: 3	Post.
Utilizar las herramientas de medida necesarias para la realización de los experimentos	Material e instrumentación utilizados adecuadamente (procedimiento experimental 2)	Lab.
Calibrar los instrumentos de medida	pH-metro (procedimiento experimental 2)	Lab.
<b>Experimentar</b>		
Plantear hipótesis y comprobar	Hipótesis: fosfórico y comprobarlo después en el laboratorio con la curva experimental	Pre. Lab.
Aplicar de forma adecuada técnicas instrumentales establecidas	Procedimiento experimental 2: técnica de potenciometría	Lab.
Diseñar y ejecutar el experimento	Diseñar y ejecutar el experimento en el laboratorio. En el diario de laboratorio se tiene que redactar un protocolo o guión del procedimiento experimental	Pre. Lab.
Tratar e interpretar correctamente los datos experimentales	Resultados y cálculos: 2 y 3	Lab.
	Discusión de resultados: 2 y 4	Post.
Representar e interpretar gráficos correctamente	Resultados y cálculos: 2 y 3.	Lab.
	Discusión de resultados: 1 y 4	Post.
Analizar los resultados obtenidos	Discusión de resultados: apartados 2 y 5; primera conclusión	Post.

## Modelizar

Escoger un modelo matemático que describa los resultados obtenidos	La curva de valoración ácido-base es el modelo que tiene que permitir determinar el pH en función del volumen de valorando	Lab.
	Discusión 3. Describir el ajuste en función de los datos experimentales	Post.
Calcular los parámetros del modelo y ajustarlos a los datos experimentales	Los parámetros del sistema son los valores de pKa y concentración inicial de fosfórico, que se podrán calcular a partir de la curva de valoración (resultados y cálculos: 2 y 3)	Post.

## Proyectar/predecir

Utilizar al modelo para hacer cálculos	Resultados y cálculos: 3	Lab.
	Discusión de resultados: 1, 3 y 4	Post.
Argumentar los resultados y sacar conclusiones	Discusión de resultados: 5. Conclusiones: 1	Post.

## Decidir

Tomar decisiones en función de las conclusiones	Conclusiones	Post.
Comunicar y defender las decisiones	Miniproyecto: presentación de memoria escrita y en formato póster a otros grupos	Post.

### 4.2.3. Ejemplo 3. Experimento: Separación, purificación y caracterización del acetato de *n*-butilo

#### Ficha de diseño de actividad del experimento: Separación, purificación y caracterización del acetato de *n*-butilo

##### Datos generales de la actividad

**Materia/asignatura:** Experimentación en química orgánica

**Nivel competencial:** 2-3

**Componentes de la competencia:** todos menos modelizar

**Nº de actividad:** 17.2

**Nombre de la actividad:** Separación, purificación y caracterización del acetato de *n*-butilo

**Tiempo de dedicación del alumnado a la actividad:**

Prelaboratorio: 3 horas

Durante el laboratorio: 3 horas

Postlaboratorio: 4 horas

##### Desarrollo de la actividad

###### Contenidos que se trabajan en la actividad

**Experimento 17.2:** Separación, purificación y caracterización del acetato de *n*-butilo

- Obtención y tratamiento de la información.
- Reconocimiento de las técnicas más apropiadas para separar y purificar un compuesto líquido.
- Descripción del fundamento teórico de la separación por decantación y destilación.
- Planificación y ejecución adecuadas de las técnicas de separación por decantación y destilación.
- Planificación de un experimento paralelo con nuevas condiciones experimentales y, si conviene, de un nuevo producto para separar.
- Cálculo del rendimiento del producto puro obtenido.
- Estudio de las necesidades de uso del acetato de *n*-butilo y proposición de alternativas en función de los problemas relacionados con el uso y su obtención.
- Trabajo responsable: manipulación con seguridad e higiene de materiales, reactivos y residuos químicos; elaboración de la libreta de laboratorio.

###### Objetivos y resultados de aprendizaje

Objetivos y resultados de aprendizaje propios de la actividad:

1. Describir el fundamento de la técnica de separación líquido-líquido por decantación y destilación.
2. Identificar la técnica de separación que permite separar un compuesto dado partiendo de la diferencia de las propiedades físicas de los componentes que forman la mezcla.
3. Diseñar un proceso alternativo que suponga una mejora respecto del que se ha experimentado, especificando las condiciones y el procedimiento experimental, seleccionando los solventes y los equipos necesarios.
4. Preparar los montajes y ejecutar la separación con un embudo de decantación, y la purificación, utilizando solventes adecuados y haciendo una correcta manipulación del instrumental.
5. Calcular el rendimiento y analizar los resultados obtenidos.
6. Argumentar la eficacia del proceso experimentado partiendo del rendimiento y la pureza, y la probable eficiencia del proceso alternativo que se propone basándose en la sostenibilidad.
7. Decidir si se pondría en marcha el proceso experimentado o bien si se ensayaría antes con lo que se ha propuesto como alternativa.

Los objetivos y los resultados de aprendizaje esperados para esta actividad sobre la competencia específica «Aplicar el método científico para la resolución de un problema en el ámbito de la química orgánica» se recogen en la ficha de la asignatura y se relacionan con el nivel competencial 2 y 3.

---

#### **Metodología de la actividad**

- La actividad tiene tres partes diferenciadas. Al inicio, el alumnado tiene que obtener la información necesaria (prelaboratorio) con el fin de ejecutar adecuadamente el procedimiento que ocurra en la actividad (experimentación, parte de laboratorio) y finalmente tiene que hacer el tratamiento de los resultados o de los datos obtenidos (postlaboratorio), argumentar la información que generan, sacar conclusiones y tomar decisiones finales, lo cual se recoge como un informe o bien en forma de póster.
  - Los experimentos se hacen en grupos de dos.
  - Se favorece el trabajo cooperativo en todas las etapas, pero de manera especial a la hora de hacer las valoraciones finales, en las que hace falta que el alumnado analice los resultados de todos los grupos.
- 

#### **Evaluación: Estrategias, instrumentos, criterios y calificación**

En la tabla que se presenta a continuación, centrada en la competencia específica de los laboratorios, se hace una relación entre las estrategias, los instrumentos y los criterios utilizados para la evaluación de las evidencias recogidas en los diferentes momentos de la actividad desarrollada.

---

Momento	Elementos/ partes de la actividad	Evidencias	Estrategia	Instrumentos de evaluación	Criterios de evaluación (nivel 2)
Pre	Trabajo previo de preparación	Cuestionario	■ Evaluación del profesorado	Cuestionario de evaluación de las respuestas del alumnado	NIVEL 2 Adquisición correcta de los datos y los conocimientos
		Un/una estudiante explicará el procedimiento experimental	■ Coevaluación, evaluación del profesorado	Rúbrica de evaluación de explicación de procedimientos experimentales	NIVEL 2 Utilización y aplicación adecuadas de los instrumentos
		Informe de prelaboratorio	■ Evaluación del profesorado	Rúbrica de evaluación del informe de prelaboratorio	NIVEL 2 Tratamiento e interpretación correcta de los datos experimentales
Durante	Ejecución del experimento	Libreta de laboratorio	■ Evaluación del profesorado	Rúbrica de observación de la libreta	NIVEL 3 Análisis de la sostenibilidad del proceso y, si es preciso, diseño de un proceso alternativo más sostenible
		Informe de resultados y cálculos	■ Evaluación del profesor	Rúbrica de evaluación del informe del laboratorio	NIVEL 2 Tomar decisiones coherentes con las conclusiones extraídas
		El docente observa la actuación del alumnado	■ Evaluación del profesorado	Rúbrica de observación de la actuación	
Post	Elaboración de la memoria o el póster	Memoria	■ Evaluación del profesorado	Rúbrica de evaluación de la memoria	
		Póster	■ Coevaluación ■ Evaluación del profesorado	Rúbrica de evaluación del póster	

La evaluación de esta actividad se caracteriza por su finalidad formativa, ya que proporciona un *feedback* constante al alumnado. El resultado del trabajo del alumnado, retroalimentado por el docente y los compañeros (mediante la coevaluación), queda recogido en el dossier de aprendizaje utilizado a lo largo de la asignatura.

La calificación de esta actividad es del 12% del total de la asignatura.

## Desarrollo del experimento: Separación, purificación y caracterización del acetato de butilo

### a. Escenificación

Suponed que queréis poner en marcha el proceso de obtención del acetato de butilo, el cual es rentable si el rendimiento está comprendido entre el 70% y el 80%. Después de experimentar el procedimiento indicado, tendréis que analizar los resultados que han obtenido los otros grupos, además del vuestro, y decidir si sacaríais adelante la puesta en marcha del proceso de obtención del acetato de butilo tal como está diseñado o bien si introduciríais pequeñas modificaciones en alguna parte del proceso.

### b. Trabajo de prelaboratorio

Realizad las acciones siguientes:

1. Leeros las fichas técnicas de los compuestos orgánicos que forman la mezcla: ácido acético, butanol, acetato de butilo y agua.
2. Anotad las propiedades físicas, relativas a los compuestos que se indican en las tablas N.1 y N.2. Mostrad los cálculos.
3. Ved las películas que tenéis en el campus digital: *Refinamiento del azúcar* y *Destilación del whisky*.
4. Explicad el fundamento de la técnica de separación por decantación y destilación.
5. ¿En la destilación del whisky interesa obtener un componente puro? Justificad la respuesta.
6. Decidid si es posible separar el etanol disuelto en agua a través de los procedimientos que se indican a continuación y justificad la respuesta:
  - Mediante la separación por decantación.
  - Por destilación del etanol.
7. Haced el esquema del procedimiento de separación, de manera que se observen fácilmente los disolventes que se utilizan y el componente o componentes que se separan en cada uno de los pasos.

*Tabla N.1. Datos relativos a los compuestos*

Reactivos _ catalizador	P. ebullición	Densidad	Masa molar	Pureza

*Tabla N.2. Datos relativos a los compuestos*

Reactivos _ catalizador	ml	moles

**Informe de prelaboratorio.** (Este informe puede ser útil tanto para la autoevaluación del alumnado como para la evaluación que tiene que hacer el profesorado en el prelaboratorio. Esta evaluación es básicamente formativa.)

Medir/adquirir	Apartado del experimento
<p>¿Aparte de las medidas generales que se han de tener en cuenta en la manipulación de productos químicos, creéis que debéis tener especial cuidado en este experimento? Razonad la respuesta.</p>	<p>Debéis leer las fichas de seguridad de los compuestos implicados en el proceso y comprobar si se tiene que tener especial cuidado en la manipulación de alguno de los productos que utilizaréis: toxicidad, inflamabilidad u otros aspectos que haya que tener en cuenta.</p>
<p>Calculad los gramos de acetato de butilo que se pueden obtener teniendo en cuenta el reactivo limitante y la estequiometría de la reacción. Mostrad los cálculos.</p>	<p>Tendréis que documentaros, con manuales u otros libros, para saber las principales propiedades físicas de los compuestos implicados en el proceso y hacer los cálculos pertinentes. Tenéis que completar las tablas 1 y 2.</p> <p>Hace falta tener en cuenta la pureza y la masa molar de los reactivos y calcular, por factores de conversión, los gramos de producto que se podrán obtener como máximo.</p>
<p>Decid qué componentes constituirán la mezcla resultante de la reacción.</p> <p>Teniendo en cuenta las propiedades físicas de los componentes de la mezcla, decid en qué estado se encontrarán a temperatura ambiente: ¿tendremos una solución homogénea o bien heterogénea, o quizás algunos de los componentes se encontrarán en estado sólido?</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ A partir del rendimiento que habéis calculado, podéis comprobar los reactivos, o bien subproductos, que constituirán la mezcla resultante.</li><li>■ Tendréis que comprobar el estado en que se encontrarán los componentes de la mezcla, partiendo de sus propiedades físicas en condiciones ambientales de trabajo.</li></ul>
<p>Estudiad el fundamento de la técnica de separación por decantación L-L, y de destilación.</p>	<p>Ved los vídeos del campus virtual, en los cuales se explican algunas técnicas de separación.</p>
<p>¿Creéis que se podría separar el acetato de butilo del resto de componentes por destilación simple?</p>	<p>Hay que tener en cuenta la diferencia de puntos de ebullición de los diferentes componentes que forman la mezcla.</p>



## Experimentar

**¿La reacción de obtención del acetato de butilo es espontánea o bien se trata de un equilibrio?**

En la reacción que se muestra en el guión, podéis ver que se trata de un equilibrio. Además, tendréis que relacionar los conocimientos teóricos adquiridos en el estudio de las reacciones de esterificación.

**Explicad cómo se puede favorecer la reacción.**

- Aplicad catálisis ácida, la adición de pocos ml de ácido sulfúrico tiene esta función, o bien añadid alguno de los reactivos en exceso, ya que repercuten en un aumento de la velocidad de reacción.

**¿Se puede evitar la reacción inversa?**

- También la podéis favorecer eliminando el agua que se forma como subproducto.

**Mostrad de forma esquemática el procedimiento indicado en el guión del experimento y los resultados previsibles.**

Teniendo en cuenta la solubilidad de los componentes que constituyen la mezcla que se obtiene, en la síntesis del acetato de butilo debéis de reconocer qué componentes se separan en cada uno de los pasos indicados en el proceso de separación por decantación L-L.

### c. Trabajo en el laboratorio

#### Introducción. Separación de compuestos orgánicos líquidos

La separación de los componentes que forman una mezcla de compuestos se basa en la diferencia de propiedades fisicoquímicas: solubilidad, acidez, basicidad, carácter electromagnético, diferencia considerable de puntos de ebullición o bien de fusión.

Una condición necesaria para tener éxito en una separación es que los componentes sean de tal naturaleza que tengan una amplia diferencia de polaridad o que ésta se pueda inducir entre los miembros. A menudo se utilizan solventes que disuelven algunos de los componentes, de manera que constituyen fases diferentes (fase orgánica, fase acuosa), separables por decantación.

#### Purificación

La destilación purifica y caracteriza el acetato de butilo, y recoge el producto a su temperatura de ebullición.

#### Seguridad y medio ambiente

Consultad las hojas de seguridad de los reactivos y las disoluciones que se utilicen y obrad en consecuencia.

En la separación por decantación, los residuos generados son soluciones acuosas, por lo cual no comporta ningún riesgo desecharlas en el fregadero. El producto obtenido en este proceso, que después tendréis que purificar y caracterizar, lo tenéis que entregar al profesorado, porque son productos que se utilizarán en otros procedimientos.

## Procedimiento experimental

### 1. Separación del acetato de butilo por decantación L-L

Pasad la solución obtenida en el experimento anterior en un embudo de decantación de 500 mL y removed suavemente. Destapad el embudo y dejadla en reposo hasta que se observen dos capas totalmente separadas, momento en el que ya podréis decantar la capa inferior. Es aconsejable que paréis la decantación de vez en cuando, agitéis el embudo y dejéis tiempo hasta que obtengáis otra vez dos capas separadas.

Lavad el acetato de butilo (capa superior) con 100 mL de agua desmineralizada y volved a decantar la capa inferior.

Añadid 25 mL de solución saturada de  $\text{NaHCO}_3$ , con el fin de favorecer una óptima separación del acetato de butilo y volved a decantar la capa acuosa.

Finalmente, lavadlo con 50 mL de agua y quedaos la capa superior.<sup>21</sup>

Pasad el acetato de butilo a un Erlenmeyer de 100 mL y tratadlo con unos 6 g de un agente secante. Agítadlo hasta que consigáis una solución clara (aproximadamente unos 10 min) y a continuación, si los grumos son grandes, decantad el líquido en un matraz de fondo redondo de 100 mL. Si este procedimiento no es posible, filtradlo con un embudo cónico de cristal.

### 2. Purificación y caracterización del acetato de butilo

Depositad unos trozos de porcelana en el matraz de destilación y preparad el equipo de destilación. Calentad el matraz. Antes de empezar la destilación, poned a punto tres recipientes limpios, secos y tarados. En el primer y tercer recipientes, recoged el producto que destila respectivamente, por debajo de y por encima del punto de ebullición del acetato de butilo. Usad el segundo recipiente para recoger el producto que destila en el intervalo de temperaturas más aproximado a la temperatura de ebullición teórica ( $124\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ ). Volved a pesar los tres recipientes y entregad el producto puro (2) al docente.

## Resultados y cálculos

*Contestad a las cuestiones siguientes (planteadas durante la sesión presencial) y entregadlas al profesorado al finalizar el experimento:*

1. Anotad las cantidades exactas de reactivos que habéis introducido en el matraz y el tiempo que habéis dejado a reflujo la solución inicial.
2. Decid si habéis hecho alguna observación interesante en la separación del acetato de butilo por decantación.

---

<sup>21</sup> El material que se utilice a partir de esta última separación hace falta que esté totalmente limpio y seco.

3. Mostrad en una tabla los intervalos de temperaturas, y la cantidad que habéis recogido de cada una de las fracciones destiladas.
4. Calculad el rendimiento a partir del producto de más pureza que hayáis obtenido.

#### **d. Trabajo de postlaboratorio**

##### **Discusión de resultados**

1. ¿Qué propiedad física os ha permitido caracterizar al acetato de butilo?
2. Comentad la pureza del producto que habéis obtenido.
3. Anotad los resultados que han obtenido los otros grupos con respecto a la fracción de acetato de butilo de más pureza: intervalos de temperaturas en los que ha destilado y la cantidad.
4. Justificad la idoneidad del proceso de separación, purificación y caracterización, en función del rendimiento y de la calidad del producto.

##### **Conclusiones**

- Teniendo en cuenta los resultados de todos los grupos de estudiantes, decidid si pondríais en marcha el proceso.
- ¿Consideráis que el procedimiento que habéis experimentado es adecuado o bien habría que modificar algunas partes? Justificad la respuesta.
- En caso de que hayáis propuesto algunas modificaciones, proponed alguna alternativa razonada.
- Indicad los principales usos del acetato de butilo. ¿Consideráis que el uso del acetato de butilo supone asumir riesgos? Razonad la respuesta.
- En caso de ser desaconsejable el uso de este producto, proponed alternativas.

**Informe de laboratorio y postlaboratorio.** *(Útil tanto para el profesorado cuando planifica o diseña la actividad en el laboratorio como para la evaluación, con la rúbrica del nivel, así como para el alumnado como autoevaluación.)*

Medir/adquirir	Apartado del experimento	
Adquirir datos experimentales	<p>Resultados y cálculos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Separación del acetato de butilo por decantación L-L.</li> <li>■ Obtención del producto puro, por destilación: intervalo de las temperaturas de ebullición y cantidad de producto.</li> <li>■ Cálculo del rendimiento.</li> </ul>	Lab.
Registrar datos y resultados, y condiciones experimentales	<p>Consulta de los datos relativos a los diferentes tipos de disolventes.</p> <p>Al finalizar la parte experimental, hay que entregar los resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Cantidad de acetato de butilo separado en la decantación.</li> <li>■ Tipo y cantidad de disolventes que se han utilizado.</li> <li>■ Registrar en una tabla las temperaturas a las que se han recogido los destilados. La fracción pura es la que destila a temperaturas muy próximas al punto de ebullición teórico.</li> </ul>	Post.
<b>Experimentar</b>		
Aplicar de forma adecuada técnicas instrumentales establecidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Separación del acetato de butilo por decantación L-L.</li> <li>■ Purificación y caracterización del acetato de butilo por destilación.</li> </ul>	Lab.
Analizar los resultados obtenidos	<p>Discusión de los resultados: q1, q2, q3 y q4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Reconocer la eficiencia de la separación por decantación L-L experimentada.</li> <li>■ Reconocer la eficiencia de la destilación, distinguiendo el producto de máxima pureza.</li> </ul>	Post.
Diseñar y ejecutar el experimento	<p>Ejecutar la experimentación de manera responsable:</p> <p>Conclusiones: según la eficacia comprobada por el conjunto de todos los grupos de trabajo, proponer un proceso de separación alternativo que suponga una mejora de los resultados y, si es posible, con una sostenibilidad máxima: mínima cantidad de solventes, con la mínima toxicidad y riesgo ambiental.</p>	Lab.
Representar e interpretar gráficos correctamente	<p>Mostrar el esquema del proceso alternativo que el alumnado propone, teniendo en cuenta las propiedades físicas de los componentes que constituyen la mezcla, y escogiendo solventes adecuados.</p>	Post.
<b>Proyectar/predecir</b>		
Argumentar los resultados y sacar conclusiones	<p>Exponer argumentos válidos que justifiquen la eficacia del proceso de separación y de purificación del acetato de butilo que el alumnado ha experimentado, en función del rendimiento y la calidad del producto. Exponer argumentos válidos que justifiquen la presunta eficacia del proceso de separación que se propone como alternativo a lo que se ha experimentado, teniendo en cuenta la toxicidad, la peligrosidad y el coste de los reactivos, productos o solventes.</p>	Post

## Decidir

Tomar decisiones en función de las conclusiones	Conclusiones. ¿Pondrían en marcha el proceso experimentado o bien con mucha probabilidad sería más adecuado lo que han propuesto?	Post.
Comunicar y defender las decisiones	Presentación de una memoria escrita. A veces se sustituye por el póster.	Post.

---

#### 4.2.4. Ejemplo 4. Experimento: Determinación de la tenacidad de fractura de un material frágil

##### Ficha de diseño de actividad del experimento: Determinación de la tenacidad de fractura de un material frágil

###### Datos generales de la actividad

**Materia/asignatura:** Mecánica de la fractura

**Nivel competencial:** 4

**Componentes de la competencia:** todos

**Nº de actividad:** Única

**Nombre de la actividad:** Determinación de la tenacidad de fractura de un material frágil

**Tiempo de dedicación del alumnado a la actividad:**

Prelaboratorio: 10 horas

Durante el laboratorio: 20 horas

Postlaboratorio: 10 horas

###### Desarrollo de la actividad

###### Contenidos que se trabajan en la actividad

- Planificación y programación.
- Investigación de bibliografía específica.
- Diseño de experimentación.
- Recogida de datos.
- Interpretación y validación de resultados.
- Elaboración de informe.

**Palabras clave:** mecánica de la fractura de materiales. Tenacidad de fractura para materiales frágiles.

###### Objetivos y resultados de aprendizaje

Objetivos y resultados de aprendizaje propios de la actividad:

1. Identificar, entre todas las propiedades mecánicas que caracterizan un material, cuál o cuáles se requieren para determinar la tenacidad de fractura.
2. Establecer relaciones entre este parámetro y la «bondad» del material.
3. Hacer investigación bibliográfica para identificar expresiones analíticas útiles y para disponer de una recopilación de valores de tenacidad de fractura para materiales similares (acotar el rango de valores posibles).
4. Planificar, diseñar y ejecutar el experimento. Definir la estrategia de utilización de equipamientos para evitar actividades innecesarias o que invaliden los resultados obtenidos hasta entonces.
5. Validar los resultados experimentales con los que se han obtenido en la investigación bibliográfica.
6. Decidir si el valor numérico obtenido se convierte en un parámetro fiable y si el material es «bueno».

Los objetivos y los resultados de aprendizaje esperados para esta actividad se corresponden con el nivel competencial 4 y quedan explicitados en la ficha de la materia.

###### Metodología de la actividad

Se plantea el problema como el encargo de un fabricante de materiales cerámicos. Para llevarlo a cabo, se proporciona una lista de recopilación de material bibliográfico (específica y genérica), con libros de texto, títulos de revistas y trabajos previos. A partir de aquí se pide una investigación de información sobre

el material objeto de estudio. Hay que definir un protocolo de actuación en el laboratorio (secuencia correcta de etapas de trabajo), que será el diseño del experimento, y hay que incorporar unas tareas:

- Prelaboratorio, desarrolladas individualmente fuera del laboratorio.
- Las propias de laboratorio (lab.): el seguimiento se hace mediante un dossier de aprendizaje en el que quedan recogidos todos los datos obtenidos y/o utilizados (investigación bibliográfica, diseño de experimento), las evidencias (resultado de las etapas) y las apreciaciones personales, así como las posibles alteraciones de la estrategia inicial y las correcciones del profesorado.
- Las de trabajo de postlaboratorio. El informe de postlaboratorio se entrega por escrito y tiene que contener toda la información obtenida, el detalle de las operaciones y las conclusiones alcanzadas en cada etapa. La redacción del informe se hace individualmente.

Hay que considerar la previsión de tiempo de utilización de máquinas y el consumo de fungible estimado a lo largo de todo el estudio. El trabajo previo se valida durante el trabajo de laboratorio (laboratorio), si la secuencia de procesos y equipamientos utilizados son adecuados. Los resultados obtenidos se validan por comparación con los que se han recogido en la investigación bibliográfica para materiales similares. Hay que tomar la decisión sobre la bondad y/o idoneidad del material (trabajo de postlaboratorio) y determinar las aplicaciones más adecuadas.

---

### **Evaluación: Estrategias, instrumentos, criterios y calificación**

Al inicio de la actividad, unas cuestiones orales permiten evaluar el trabajo de prelaboratorio (cuestionario indicado en el guión).

Durante el proceso de laboratorio, el profesorado revisa la información recogida en el dossier de aprendizaje y hace algunas cuestiones orales sobre los resultados obtenidos en las etapas del experimento.

El informe entregado al final permite evaluar el conjunto de conocimientos, habilidades y aptitudes del alumnado, su autonomía y la eficacia de las estrategias consideradas. La capacidad de decisión se valora con las aportaciones personales del alumnado sobre los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas.

#### **Criterios de evaluación del aprendizaje**

- Investigación, selección y utilización correcta del material bibliográfico.
- Identificación de nuevo material de calidad.
- Idoneidad de la secuencia de etapas de laboratorio propuesta.
- Selección adecuada de los contenidos del dossier de aprendizaje: descripciones, razonamientos y reflexiones.
- Calidad del informe técnico.

#### **Criterios de evaluación del nivel competencial**

- **Medir/registrar:** adquisición y selección correcta de los datos, resultados y condiciones.
- **Experimentar:** planificar y diseñar el experimento, analizar resultados y plantear hipótesis.
- **Modelizar:** proponer modelos matemáticos, valorar los resultados y validarlos.
- **Proyectar/predecir:** con los resultados hacer predicciones, sacar conclusiones y proponer mejoras.
- **Decidir:** considerar la viabilidad técnica y/o económica, asumiendo los riesgos, del experimento.

La valoración se hace a lo largo de todo el proceso de realización del experimento, de manera que los comentarios y las orientaciones del profesorado emitidos durante la continua revisión del dossier de aprendizaje permitan al alumnado recibir información y retroacción sobre el nivel de consecución de las competencias establecidas. En el laboratorio, la evaluación se hace mediante las observaciones y los informes de los resultados experimentales, siempre considerando las rúbricas de nivel 4.

La calificación de esta actividad representa un 40% de la nota final de la asignatura.

## Desarrollo del experimento: Determinación de la tenacidad de fractura de un material frágil

### a. Escenificación

Una empresa productora de materiales cerámicos ha diseñado un nuevo material cerámico estructural en su laboratorio de R+D+i, y necesita la caracterización. El encargo que recibís es el de determinar el parámetro de tenacidad de fractura ( $K_{Ic}$ ) de este material, del cual sólo sabéis la composición química y a qué familia de cerámicos tecnológicos pertenece. En función del resultado que les proporcionáis, la empresa decidirá si este material constituye una mejora en su gama de productos o bien si, antes de desestimarlos, sería útil para alguna otra utilidad.

### b. Trabajo de prelaboratorio

**Informe de prelaboratorio.** El alumnado lo ha de elaborar justo después de haber recibido el encargo de estudio y antes de hacer el experimento en el laboratorio. *(Este informe es útil tanto para la propia autoevaluación del alumnado como para la evaluación que tendría que hacer el profesorado. Esta evaluación es básicamente formativa.)*

Responder a las cuestiones siguientes relacionadas con los diferentes componentes de la competencia específica «Aplicación del método científico». *(A continuación se muestra el cuadro que tiene el profesorado para verificar la corrección de las respuestas. Para el alumnado, el cuadro estaría vacío en la columna «Prelaboratorio».)*

Medir/adquirir	Prelaboratorio
¿Qué es la tenacidad de fractura?	Se define como la resistencia de un material a la propagación inestable de fisuras, en condiciones de deformación plana e independientemente del grueso del material observado.
Experimentar	
¿Cómo se determina la tenacidad de fractura para un material frágil?	Mediante una relación entre la dimensión de las fisuras originadas por una huella Vickers, la carga aplicada para hacer la huella y las dimensiones de la misma huella Vickers.
¿Qué variables del sistema tienen que estar explícitamente fijadas con el fin de simplificar el estudio?	La carga aplicada con el indentador Vickers y la identificación del tipo de fisura que se origina en el material, para escoger la expresión matemática más adecuada. Identificar los valores de carga adecuados, para garantizar que serán lo bastante grandes para inducir la formación de fisuras.



**Decisiones en la experimentación:  
rango de variación de las variables de  
control y número de medidas.**

Determinar el volumen de material necesario, el número de probetas y la zona de estudio adecuado.

5 medidas, como mínimo, serían suficientes, y se puede dar el valor medio, ya que hay que garantizar la representatividad de los resultados.

**Describid la secuencia de etapas del  
procedimiento que se tiene que llevar a cabo  
en el laboratorio (fase I)**

- Corte de la probeta y engaste en baquelita.
- Desbaste y pulimento.
- Realización de huellas Vickers.
- Medida de las huellas Vickers y de las fisuras originadas en los extremos de éstas.

**Descripción de la etapa de procesamiento  
de los datos obtenidos en la  
experimentación de la fase I**

- Selección de las expresiones analíticas posibles.
- Utilización de las expresiones analíticas adecuadas.
- Validación de los resultados numéricos obtenidos, por comparación con los proporcionados por la investigación bibliográfica.

**Descripción de la experimentación que hay  
que realizar en el laboratorio como  
comprobación de los resultados analíticos  
(fase II)**

- Comprobación de la bondad de las expresiones.
  - Eliminación superficial del material.
  - Observación del material e identificación del tipo de fisuras observadas.
  - Selección de la expresión adecuada.
- Determinación de la bondad de la medida (error).

## Modelizar

**¿Qué modelo matemático se tiene que  
utilizar para correlacionar los valores de las  
variables de control y las de respuesta?**

Identificar las expresiones que más se adecuan al problema (población de medidas y tratamiento estadístico adecuado). Establecer un rango de idoneidad, en caso de que pudiera haber más de una.

**Si los modelos no se adecuan, definid uno.**

Indicar cuál o qué parámetros de las expresiones de la bibliografía no se adecua y especificar una alternativa correcta, si conviene .

## Proyectar/predecir

**¿Qué valor se espera obtener?**

A partir de los valores reportados en la bibliografía y de las previsiones que se podrían haber hecho en función de la composición química del material de estudio, identificar un rango de posibles valores.

### c. Trabajo de laboratorio

Identificar el volumen o la cantidad de material necesario para el estudio. Determinar la superficie adecuada para la medida en cada muestra (imprescindible en caso de material laminar o no homogéneo) y prepararlas. Planificar una estrategia de trabajo (etapas y duración).

**Informe de laboratorio.** Este informe es útil para el profesorado, cuando planifica o diseña la actividad en el laboratorio, para garantizar que se tienen en cuenta todos los componentes de la competencia. También es útil para el alumnado, ya que después de haber hecho el experimento en el laboratorio será capaz de identificar los componentes de la competencia.

#### *Etapas para la determinación de la tenacidad de fractura*

Etapa	Descripción	Tiempo previsto
0. <b>Actividades prelab.</b>	Descritas en la tabla de prelaboratorio	5-10 horas
1. <b>Observación de la muestra</b>	Identificación de la superficie o zona de estudio. Elección de la parte necesaria para el estudio (o toda la muestra).	15 minutos
2. <b>Corte y engaste (si conviene)</b>	Proceso de corte mecánico de una parte de la muestra y elaboración de una pastilla cilíndrica de resina o baquelita con la porción de material de estudio en el interior, para favorecer la manipulación y garantizar caras paralelas y planas (si conviene).	1/2 - 1 hora (si conviene)
3. <b>Desbaste</b>	Eliminación de irregularidades superficiales por abrasión superficial de la muestra.	1/2 - 1 hora
4. <b>Pulimento</b>	Consecución de una superficie libre de irregularidades.	1/2 - 1 hora
5. <b>Localización de la zona que se medirá</b>	Identificación del área donde se harán las medidas, con el fin de poder localizar después las fisuras.	15 minutos
6. <b>Realización de huellas Vickers (5, mínimo)</b>	Aplicación de una carga determinada mediante un indentador piramidal de diamante, que genera una irregularidad en la superficie, de forma cuadrada, y fisuras que se inician en los extremos de las diagonales de la huella.	30 minutos
7. <b>Localización de las huellas y medida de las diagonales y las fisuras</b>	Con la ayuda de la regla graduada del microscopio, determinación de las dimensiones de las huellas y de las fisuras iniciadas en los vértices de éstas. Hacer una media aritmética de los valores para cada huella.	1 hora
8. <b>Aplicación de los algoritmos proporcionados en la bibliografía</b>	Sustitución de los parámetros de las expresiones seleccionadas en el trabajo previo de laboratorio. Obtención de resultados numéricos a partir de los resultados experimentales obtenidos en el apartado anterior.	1 hora

<b>9. Comparación de los resultados obtenidos con los reportados previamente</b>	Determinación del error relativo entre los valores obtenidos ahora y los obtenidos y los mostrados en trabajos previos (bibliografía). Validación de los resultados experimentales.	1 hora
<b>10. Identificación experimental del tipo de fisura generada</b>	Eliminación de material superficial y descubrimiento de la situación de las fisuras en el fondo de la huella. Determinación del tipo de fisuras y, por lo tanto, del algoritmo ideal.	2-3 horas
<b>11. Identificación del valor de tenacidad de fractura</b>	Identificación, entre los resultados obtenidos en los apartados 8 y 9, del valor «correcto» para el parámetro de tenacidad de fractura.	15 minutos
<b>12. Validación del experimento</b>	Comparación de resultados con los obtenidos por otros grupos en experimentos similares.	–
<b>13. Elaboración de informe</b>	Redacción del trabajo hecho, de los resultados obtenidos, de las decisiones tomadas y del motivo de las decisiones.	10 h
<b>Total: 14 etapas</b>		<b>Entre 17.45 h y 30.15 h</b>

#### d. Trabajo de postlaboratorio

**Informe de postlaboratorio.** Este informe, además de la información, puede recoger los aspectos del experimento que han funcionado, los que se han podido valorar bien y los que han quedado poco claros.

*Identificad los elementos de la competencia específica: «Aplicación del método científico» aplicados durante la ejecución del experimento en el laboratorio.*

Medida	Punto de la actividad	
<b>Adquirir datos experimentales</b>	Etapas 7.	Lab. Post.
	Asociar el tipo de fisura a la respuesta que se espera del material.	
<b>Registrar y documentar resultados y condiciones experimentales</b>	Etapas 8, 9, 10, 11 y 12.	Lab. Post.
	Garantizar que las medidas realizadas no se encuentran afectadas por las condiciones ambientales (temperatura, humedad, presión, etc.). Identificar archivos de datos cuyos nombres sean bastante claros (seguimiento y trazabilidad).	
<b>Expresar correctamente datos y resultados</b>	Etapas 8 y 13.	Lab. Post.
	¿Las unidades utilizadas son las que se han apreciado en la bibliografía?	
<b>Utilizar las herramientas de medida necesarias para la realización de los experimentos</b>	Etapas 7,8 y 9.	Lab. Post.
	¿Las herramientas y/o equipamientos eran adecuados para la realización del experimento? ¿Estaban en condiciones? ¿Habéis tenido problemas de utilización?	
<b>Experimentar</b>		
<b>Plantear hipótesis y comprobar</b>	Etapas 8, 9, 11 y 12.	Lab. Post.
	Determinar la bondad de los modelos escogidos y si las hipótesis planteadas han conducido a resultados aceptables. ¿Se han alcanzado las previsiones?	
<b>Tratar e interpretar correctamente los datos experimentales</b>	Etapas 8, 9, 10, 11 y 12.	Lab. Post.
	¿Los datos experimentales han constituido información intuitiva? Planificar/diseñar con la actividad de prelaboratorio y ejecutar el experimento en el laboratorio.	
<b>Representar gráficos e interpretarlos correctamente</b>	Etapas 8, 9, 10 y 11.	Lab. Post.
	¿Los gráficos obtenidos pueden utilizarse como información característica del material estudiado?	

<b>Analizar los resultados obtenidos</b>	Etapas 9, 11 y 12.  ¿Se puede obtener más información de estos gráficos?	Lab. Post.
<b>Modelizar</b>		
<b>Proponer, plantear, escoger modelos matemáticos que describan con precisión los resultados experimentales</b>	¿De los modelos utilizados para la determinación de Klc, hay alguno que sea marcadamente mejor? ¿La dificultad asociada a la utilización de los diferentes modelos, es la misma o hay alguno más sencillo?	Lab. Post
<b>Calcular los parámetros del modelo y ajustarlos a los datos experimentales</b>	Etapas 8, 9, 10 y 11.  ¿El ajuste realizado puede considerarse propio y característico del material? ¿Tiene alguna utilidad, más allá de la determinación de Klc?	Lab. Post.
<b>Validar, mediante la experimentación, los modelos propuestos</b>	¿La previsión hecha con las expresiones analíticas se ha cumplido? Cuando se ha hecho la segunda parte del experimento, ¿se han obtenido los resultados esperados?	Post.
<b>Proyectar/predecir</b>		
<b>Optimizar los medios y las condiciones para el experimento</b>	¿Se podría haber obtenido el valor de Klc de manera más sencilla? ¿Se podría haber previsto en función de la bibliografía y de trabajos previos para composiciones similares?	Post.
<b>Argumentar los resultados y sacar conclusiones</b>	Asociar el resultado obtenido con las características del material que podrían haber dado pie a pensar que el material tenía fisuras Palmqvist o semielípticas. Asociar el resultado obtenido con las características que se esperan del material (respuesta mecánica, comportamiento bajo tensión, resistencia a impactos, resistencia a choque térmico, etc.).  Identificar condiciones de uso idóneas o alternativas.	Post.
<b>Asumir riesgos en función de la confianza en el modelo y las predicciones</b>	Asociar el resultado obtenido a la bondad del cerámico estudiado como material estructural. En caso de que no sea bueno como tal, deducir si se podría utilizar como cerámico de barrera térmica o con alguna otra finalidad. ¿El material obtenido cubre algún espectro de necesidades que, hasta ahora, no quedaba solucionado con los productos existentes en el mercado?	Post.

## Decidir

**Tomar decisiones en función de las conclusiones y de la viabilidad (técnica, económica, etc.)**

Si el producto resulta una alternativa nueva y sin precedentes, hay que valorar la posibilidad de patentarlo. Decidir si es rentable y/o viable producir el material al por mayor y sustituir otros que ya existen. Decidir si el material constituye una novedad: situarlo dentro de la oferta existente en el mercado de materiales similares e identificarlo junto con el rango de condiciones para el cual puede tener utilidad. En caso de que exista alguna cosa similar, determinar si hay otros aspectos que compensarían la sustitución (precio, facilidad en la fabricación, modificaciones en el procesamiento, etc.).

Post.

---

# BIBLIOGRAFÍA

ALLEN, Jim; RAMAEKERS, Ger; VAN DER VELDEN, Rolf. La medición de las competencias de los titulados superiores. En VIDAL GARCÍA, Javier. *Métodos de análisis de la inserción laboral de los universitarios*. León: Universidad de León, 2003, p. 31-54.

ANECA. *Programa de convergencia europea. El crédito europeo*. Madrid: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y la Acreditación, 2003.

AQU CATALUNYA. *Guia per al disseny d'un perfil de formació: Enginyeria Química*. Barcelona: Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya, 2006.

AQU CATALUNYA. *Marc general per a la integració europea*. Barcelona: Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya, 2004.

BARRÓN, C. La evaluación basada en competencias en el marco de los procesos de globalización. En VALLE, M. (coord.) *Formación de competencias y certificación profesional*. México: Centro de Estudios de la Universidad, UNAM, 2000.

BENNET, S. W.; O'NEALE, K. Skills development and practical work in chemistry. *University Chemistry Education*, 1998, 2 (2), p. 58-62.

BIGGS, J. *Calidad del aprendizaje universitario. Cómo aprenden los estudiantes*. Madrid: Narcea, 2006.

BLANCO, A. et al. *La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje*. Barcelona: Octaedro, 2008, p. 171-187.

DELGADO, A. M. (coord.). *Competencias y diseño de la evaluación continua y final en el espacio superior*. Madrid: Dirección General de Universidades, 2005. Disponible en: <<http://www.mec.es/univ/proyectos2005/EA2005-0054.pdf>>.

DE MIGUEL, M. *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias. Orientaciones para promover el cambio metodológico en el EEES*. Madrid: MEC/Universidad de Oviedo, 2005. Disponible en: <[http://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/42/42376/modalidades\\_ensenanza\\_competencias\\_mario\\_miguel2\\_documento.pdf](http://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/42/42376/modalidades_ensenanza_competencias_mario_miguel2_documento.pdf)>.

DOMIN D. S. *Students' perceptions of when conceptual development occurs during laboratory instruction*. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2007, 8 (2), 140-152

FIESEL, L. D.; ROSA, A. J. The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, 2005, p. 121-129.

GIBELS, D. et al. Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment. *Review of Educational Research*, 2005, 75 (1), p. 27-63.

GONZÁLEZ, J.; WAGENAAR, R. *Tuning Educational Structures in Europe. Informe final*. Fase uno. Bilbao: Universidad de Deusto, Universidad de Groningen, 2003.

GRAELLS, M. *Projecte PEEEQ: planificació estratègica de les assignatures d'Experimentació en Enginyeria Química de l'Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona / autors de la memòria: Moisès Graells Sobré i Montserrat Pérez-Moya*. Universitat Politècnica de Catalunya. Consell Social, 2007. Disponible en: <[http://catalog.upc.edu/search~S1\\*cat?/aGraells/agraells/1%2C16%2C29%2CB/frameset&FF=agraells+sobre+moises&4%2C%2C6/indexsort](http://catalog.upc.edu/search~S1*cat?/aGraells/agraells/1%2C16%2C29%2CB/frameset&FF=agraells+sobre+moises&4%2C%2C6/indexsort)>.

HOFSTEIN, A.; MAMLOK-NAAMAN, R. The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 2007, 8 (2), p. 105-107.

HUTMACHER, R. W. L'avaluació en la transformació de les modalitats de govern els sistemes educatius. En *Tendències europees en avaluació i educació*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Consell Escolar de Catalunya, 1999, p. 15-34.

JOHNSON, D.; JOHNSON, R.; HOLUBEC, E. *Cooperation in the classroom*. Boston: Allyn and Bacon, 1998.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; STANNE, M. B. *Cooperative Learning Methods: A Meta-Analysis*. University of Minnesota, 2000. Disponible en: <<http://www.cooperation.org/pages/cl-methods.html>>.

JOHNSTONE, A. H.; AL-SHUALI, A. Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 2001, 5, p. 42.

LASNIER, F. *Réussir la formation par compétences*. Mont-real: Guérin, 2000.

LE BOTERF, G. *Ingeniería de las competencias*. Barcelona: Gestión 2000, 2001.

LLORENS-MOLINA, J. A. Design and assessment of an online Prelab model in general chemistry a case study. *Journal of the Research Center for Educational Technology*, 2008, 4 (2), p. 15-31.

MCDONNELL, C.; O'CONNOR, C.; SEERY, M. K. Developing practical chemistry skills by means of student-driven problem based learning mini-projects. *Chemistry Education Research and Practice*, 2007, 8 (2), p. 130-139.

MILLER, Allen H.; IMRIE, Bradfod; COX, Kevin. *Student assessment in higher education*. Londres: Kogan Page, 1998.

MILLER, GE. The assessment of skills/competences/performance. *Academic Medicine (Supplement)*, n° 65. 1990. p. 63-67.

MORALES, P. *La evaluación formativa*. 2008. Disponible en: <<http://www.upcomillas.es/personal/peter/otrosdocumentos/evaluacionformativa.pdf>>.



NCES. *Defining and Assessing Learning: Exploring Competency-Based Initiatives*. National Postsecondary Education Cooperative, 2002. Disponible en: <http://inces.ed.gov/publicsearch/> (consultado en septiembre de 2008).

PERRENOUD, C. *Construir competencias desde la escuela*. Santiago de Chile: Dolmen, 1999.

PRADES, A. *Les competències transversals i la formació universitària*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona, 2005.

REID, N.; SHAH, L. The role of laboratory work in University Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 2007, 8 (2), p. 172-185.

ROE, R. A. What makes a competent psychologist? *European Psychologist*, 7 (3), p. 192-202.

RUBISTAR. Disponible en: <<http://rubistar.4teachers.org/index.php>>.

RUÉ, J.; MARTÍNEZ, M. *Les titulacions UAB en l'Espai Europeu d'Educació Superior*. Cerdanyola del Vallès: IDES-UAB, 2005.

VALERO, M.; DÍAZ DE CERIO, L. Autoevaluación y co-evaluación: estrategias para facilitar la evaluación continuada. *Congreso Español de Informática. CEDI 2005*. Granada, 2005. Disponible en: <<http://epsc.upc.edu/~miguel%20valero>>.

VILLARDÓN, L. Evaluación del aprendizaje para promover el desarrollo de competencias. *Educatio siglo XXI: Revista de la Facultad de Educación*. 2006, nº 24., p. 57-76. ISSN 1699-2105. Disponible en: <http://www.um.es/ojs/index.php/educatio/article/view/153>.

YÁÑIZ, C.; VILLARDÓN, L. *Planificar desde competencias para promover el aprendizaje*. Bilbao: Cuadernos del ICE-Universidad de Deusto, 2006.





Via Laietana 28, 5<sup>a</sup> planta | 08003 Barcelona | Tel.: +34 **93 268 89 50** | Fax: +34 93 268 89 51



Agència  
per a la Qualitat  
del Sistema Universitari  
de **Catalunya**

**WWW.AQU.CAT**