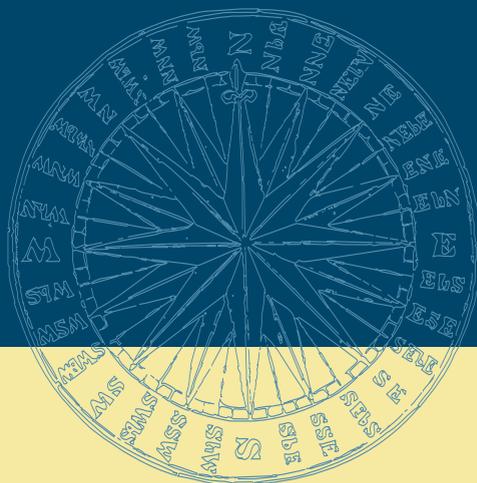




Agència  
per a la Qualitat  
del Sistema Universitari  
de **Catalunya**



## GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA COMPETENCIA CIENTÍFICA EN **CIENCIAS, MATEMÁTICAS Y TECNOLOGÍA**

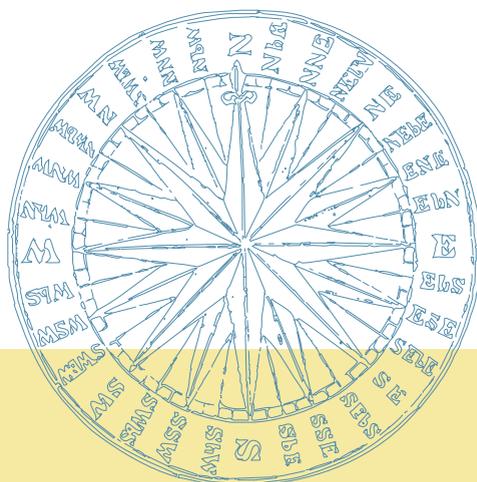


*La calidad, garantía de mejora.*





Agència  
per a la Qualitat  
del Sistema Universitari  
de Catalunya



# GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA COMPETENCIA CIENTÍFICA EN **CIENCIAS, MATEMÁTICAS Y TECNOLOGÍA**

**Guía** para la evaluación de la competencia científica en ciencias, matemáticas y tecnología

Bibliografía

I. Izquierdo i Aymerich, Mercè, ed.

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

1. Ciència – Ensenyament universitari – Avaluació

2. Matemàtica – Ensenyament universitari – Avaluació

3. Tecnologia – Ensenyament universitari – Avaluació

4. Competències professionals – Avaluació

378:5+6

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

Via Laietana, 28, 5ª planta

08003 Barcelona

© Autores: **Mercè Izquierdo i Aymerich** (coordinadora, Facultat de Ciències de la Educació, Universitat Autònoma de Barcelona); **Marià Baig i Aleu** (Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona); **Mar Carrió Llach** (Facultat de Ciències de la Salut y de la Vida, Universitat Pompeu Fabra), **Pau Ferrer Alegre** (Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universitat Autònoma de Barcelona); **Jordi Gené Torrabadella** (Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona); **Àngels González Lafont** (Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona); **Jaume Moncasi Solsona** (Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona); **Dolores Isabel Rexachs del Rosario** (Escuela Universitaria de Informática, Universitat Autònoma de Barcelona); **Anselm Rodrigo Domínguez** (Facultat de Biociències, Universitat Autònoma de Barcelona) y **Joan Suedes Ortuño** (Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona).

Coordinación editorial de esta guía: **Clara Garcia Pujol** (Universitat Autònoma de Barcelona)

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-27.203-2009

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 .....	7
Introducción .....	9
<b>1. Competencias: concepto, clasificación y evaluación .....</b>	<b>13</b>
1.1. Introducción .....	13
1.2. Aclarando conceptos .....	15
1.3. Posibles clasificaciones de las competencias .....	18
1.4. Aprendizaje y evaluación .....	19
1.5. Consideraciones finales .....	27
1.6. Definiciones del término <i>competencias</i> .....	28
<b>2. Aspectos generales de la tarea que hemos llevado a cabo .....</b>	<b>31</b>
2.1. Las características de unidades docentes para desarrollar competencias de actividad científica .....	33
2.2. Nuestros ejemplos .....	34
2.3. Resultados que hemos obtenido .....	39
<b>3. Resolver problemas de Ecología mediante prácticas de campo .....</b>	<b>43</b>
3.1. Introducción .....	43
3.2. Contexto docente .....	43
3.3. Objetivos a conseguir .....	44
3.4. Actividades de aprendizaje .....	46
3.5. Actividades de evaluación .....	48
3.6. Reflexiones finales .....	53
<b>4. Resolución de problemas experimentales en el Laboratorio integrado de biotecnología .....</b>	<b>55</b>
4.1. Introducción .....	55
4.2. Contexto docente .....	55
4.3. Objetivos de la unidad docente .....	56
4.4. Actividades de aprendizaje .....	58
4.5. Instrumentos de evaluación .....	60
4.6. Reflexiones .....	65
<b>5. Evaluación de competencias en un laboratorio de Química .....</b>	<b>67</b>
5.1. Introducción .....	67
5.1. Contexto .....	67
5.1. Objetivos de la unidad docente .....	68
5.1. Actividades de aprendizaje .....	69
5.1. Instrumentos de evaluación .....	70
5.1. Reflexiones .....	75

<b>6.</b>	<b>Evaluación por competencias en la asignatura de Química básica.</b>	
	<b>Cambio de paradigma en la interpretación de un fenómeno</b>	<b>79</b>
6.1.	Introducción	79
6.2.	Contexto docente	80
6.3.	Objetivos de la unidad docente	80
6.4.	Actividades de aprendizaje	82
6.5.	Instrumentos y actividades de evaluación	84
6.6.	Reflexiones finales	89
<b>7.</b>	<b>Actividad de aprendizaje basado en problemas en la titulación de Biología de la UPF</b>	<b>91</b>
7.1.	Contexto	91
7.2.	Objetivos de la actividad	91
7.3.	Instrumentos de evaluación	93
7.4.	Reflexiones finales	101
<b>8.</b>	<b>Evaluación de la competencia en el uso del lenguaje de las matemáticas</b>	<b>105</b>
8.1.	Introducción	105
8.2.	Contexto docente	106
8.3.	Objetivos	106
8.4.	Actividades de aprendizaje	107
8.5.	Instrumentos de evaluación	108
8.6.	Reflexiones finales	109
<b>9.</b>	<b>Evaluación de competencias en Informática: estudio y resolución de un caso sobre fundamentos de computadores.</b>	<b>113</b>
9.1.	Introducción	113
9.2.	Contexto docente	113
9.3.	Objetivos de la unidad docente	114
9.4.	Actividades de aprendizaje	115
9.5.	Actividades de evaluación	118
9.6.	Evaluación	121
9.7.	Reflexiones finales	124
<b>10.</b>	<b>Evaluación de la competencia de aprendizaje autónomo en Química analítica mediante el trabajo cooperativo.</b>	<b>125</b>
10.1.	Introducción	125
10.2.	Contexto docente	125
10.3.	Objetivos de la unidad docente	127
10.4.	Actividades de aprendizaje	128
10.5.	Instrumentos de evaluación	129
10.6.	Reflexiones finales	132

<b>11. Evaluación de competencias en una clase de Termodinámica . . . . .</b>	<b>133</b>
11.1. Introducción . . . . .	133
11.2. Contexto de la unidad docente . . . . .	133
11.3. Objetivos a conseguir. . . . .	134
11.4. Actividades de aprendizaje . . . . .	135
11.5. Instrumentos de evaluación. . . . .	139
11.6. Reflexiones finales . . . . .	145
<b>12. Actividades de demostración, observación y explicación (DOE) en el aula para la asignatura de Física para la geología (grado de Geología) .</b>	<b>147</b>
12.1. Introducción . . . . .	147
12.2. Contexto docente . . . . .	149
12.3. Objetivos de la unidad docente . . . . .	151
12.4. Actividades de aprendizaje . . . . .	153
12.5. Instrumentos de evaluación . . . . .	156
12.6. Reflexiones finales . . . . .	159
<b>Bibliografía . . . . .</b>	<b>161</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

Presentamos la tarea que han realizado los profesores y profesoras de Ciencias, Matemáticas y Tecnología que formamos parte del grupo «Resolver problemas para aprender», del servicio IDES de la UAB. Nos ha parecido que la mejor manera de plantear una «guía para evaluar competencias» que pudiera resultar útil era mostrar el camino que hemos seguido para cambiar, nosotros mismos, algunas de nuestras clases a fin de hacerlas más activas y, en consecuencia, más adecuadas para adquirir competencias. Este paso previo nos ha permitido diseñar nuevos instrumentos de evaluación con los que ponderar un espectro más amplio de capacidades relacionadas con la actividad científica de los estudiantes.

No ha sido sencillo alcanzar los objetivos que nos habíamos fijado, porque el cambio de orientación de la docencia que se nos propone supone dejar atrás tradiciones muy arraigadas en nuestras aulas y es difícil distinguir qué hace falta cambiar y qué debemos potenciar. En las propuestas docentes que presentamos aquí se pide a los estudiantes que hagan una serie de actividades las cuales abarcan dimensiones de la persona que antes se daban por supuestas y que no se pretendía desarrollar de manera explícita. Sin embargo, debemos reconocer que no todas las clases admiten una estructuración de estas características y que tampoco debemos prescindir de los exámenes finales de formato más clásico. Por eso, presentamos también algunos «problemas de papel y lápiz» que permiten evaluar competencias; su principal característica es que no pueden resolverse de manera correcta si no se ha trabajado en algún momento de la manera «activa» que hemos mostrado.

El análisis final de las propuestas docentes y de las herramientas de evaluación que presentamos nos ha hecho ver que queremos potenciar la «competencia científica» y que ésta requiere un gran abanico de capacidades (o competencias), que podría desplegarse cada vez más (y no siempre de la misma manera) a medida que adquirimos experiencia en nuevos estilos de enseñar y evaluar, y disponemos de resultados que nos permitan evaluar las innovaciones que hemos introducido.

Creemos que nuestra experiencia puede ser útil para impulsar grupos de trabajo docentes que, de manera sistemática, transformen los currículos «por objetivos», los que eran habituales hasta ahora, en currículos «por competencias». Gracias a ello, si este cambio se hace con el tiempo necesario (sin prisa, por lo tanto, y pudiendo tratar en profundidad las dificultades que pueden surgir) para poder diseñar propuestas docentes vinculadas a la actividad científica real, los estudios universitarios serán más eficaces; además, estarán vinculados a buscar un nivel alto, porque el profesorado podrá plantear problemas inspirados en los aspectos de su investigación que conecten mejor con las finalidades de formación de los profesionales, que surgirán como resultado de la implantación de los nuevos grados.

Proponemos que esta guía se utilice como fuente de inspiración para que cada profesor cambie sus clases. En primer lugar, se debe revisar el concepto de *competencia* hasta conseguir comprenderlo bien, en relación con la materia científica que se quiere enseñar. No debe confundirse *ser competente* con *ser competitivo*, ni con los requisitos laborales vinculados a la profesión para la cual se preparan los estudiantes; el concepto de competencia debe relacionarse con los procesos epistemológicos y cognitivos propios de los conocimientos científicos y, finalmente, debe conectar con los objetivos de los programas, porque, ahora, éstos proponen una enseñanza activa (sólo así, desarrollando la actividad científica, los estudiantes llegarán a ser «competentes en las materias que estudian»). En segundo lugar, hará falta identificar qué clases son más activas y, al hacerlo, se deberán analizar las actividades que se proponen a los estudiantes con voluntad de ampliarlas y mejorarlas desde la perspectiva competencial que estamos introduciendo. En tercer lugar, deberemos introducir nuevos mecanismos de evaluación adecuados a estas actividades, algo que muy a menudo se olvida porque se considera que el aprendizaje que promueven las actividades ya se evalúa, globalmente, en los exámenes finales. Con todo eso, probablemente la «clase» con la cual hemos empezado a trabajar se nos ha transformado en un conjunto de clases que constituyen una «unidad docente» y que pueden cubrir más de un tema del programa. Finalmente, podemos hacer un análisis aún más exhaustivo e identificar la competencia específica (o las competencias) que estamos desarrollando en esta «unidad docente». Deberíamos comprobar, al hacerlo, que estas competencias son «componentes de competencia científica» y que corresponden a sus tres aspectos fundamentales: capacidad de formular preguntas e identificar problemas; capacidad de buscar evidencias; capacidad de elaborar explicaciones científicas, en los diferentes contextos que proporcionan las disciplinas que enseñamos y con el espíritu de colaboración y de intervención responsable que se quiere potenciar en todos los grados.

Aunque en los 12 capítulos de esta guía se ofrecen numerosas «pistas» para trabajar a partir de los ejemplos que se proporcionan, reconocemos que éstos son limitados. Por eso, hemos adjuntado el anexo 1, procedente de la Web de la UAB, en el que se ofrecen ejemplos genéricos de competencias específicas que nos orientan sobre cómo formular dichas competencias. En el mismo anexo se encuentran numerosos ejemplos de actividades docentes y de herramientas de evaluación, que amplían los que se proporcionan en los capítulos de la guía.

La estructura de esta Guía es la siguiente:

- Capítulo 1. Competencias: concepto, clasificación y evaluación
- Capítulo 2. Aspectos generales del trabajo que hemos llevado a cabo
- Capítulo 3. Resolver problemas de Ecología mediante prácticas de campo (por Anselm Rodrigo)
- Capítulo 4. Resolución de problemas experimentales en el Laboratorio integrado de biotecnología (por Pau Ferrer)
- Capítulo 5. Evaluación de competencias en un laboratorio de química (por Joan Suades)

- Capítulo 6. Evaluación por competencias en la asignatura Química básica. Cambio de paradigma en la interpretación de un fenómeno (por Mercè Izquierdo)
- Capítulo 7. Actividad de aprendizaje basado en problemas en la titulación de Biología de la UPF (por M<sup>a</sup> del Mar Carrió Llach)
- Capítulo 8. Evaluación de la competencia en el uso de lenguaje de matemáticas (por Jaume Moncasi)
- Capítulo 9. Evaluación de competencias en Informática: el estudio y la resolución de un caso sobre fundamentos de computadores (por Dolores Rexachs)
- Capítulo 10. Evaluación de la competencia de aprendizaje autónomo en Química analítica mediante el trabajo cooperativo (por Jordi Gené)
- Capítulo 11. Evaluación de competencias en una clase de Termodinámica (por Àngels González)
- Capítulo 12. Actividades de demostración, observación y explicación (DOE) en el aula, para la asignatura Física para la geología del grado de Geología (por Marià Baig i Aleu)



# 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.

### **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.

### **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.

### **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

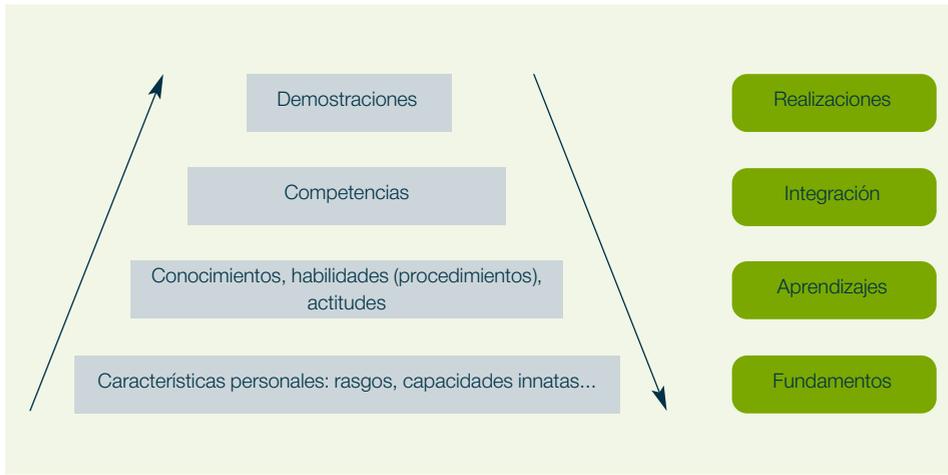
Anteriormente se ha señalado que términos como habilidades, conocimientos, capacidades y competencias se han utilizado a menudo de manera intercambiable. La figura 1 muestra la estructura jerárquica de estos conceptos y permite establecer las diferencias.<sup>1</sup> De esta manera:

- 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.

### 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.*

## 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.

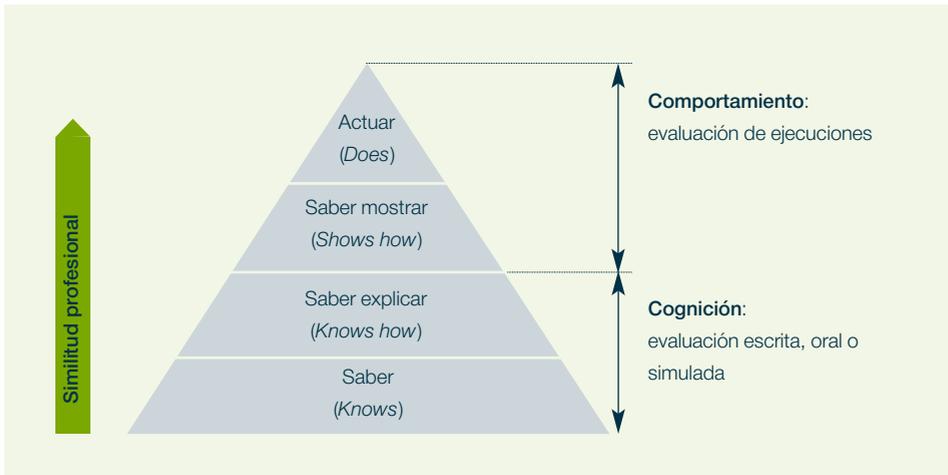
Este nivel de descripción es necesario en las actividades que son objeto de evaluación; no hay que hacerlo de una manera tan detallada para el resto de actividades de aprendizaje, donde se pueden introducir competencias que no sean objeto de evaluación.

## 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 (subjectividad y 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 disciplinarias 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.

## 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. ASPECTOS GENERALES DE LA TAREA QUE HEMOS LLEVADO A CABO

Las consideraciones generales del capítulo 1 dejan bien claro que empezamos un periodo de renovación en las enseñanzas universitarias caracterizado por una mayor atención a la tarea docente, que a menudo había sido menos valorada que la tarea investigadora. Este cambio tiene lugar en un momento en el que diversas ciencias (humanas, sociales y de la comunicación) aportan nuevos conocimientos que permiten comprender mejor que la emergencia del conocimiento humano se produce gracias a una actividad compleja en la que tienen una gran importancia las interacciones sociales y los valores que las regulan y permiten evaluarlas. En consecuencia, ahora disponemos de muchos más recursos para comprender los procesos de aprendizaje y para gestionarlos de manera eficaz, a fin de que nuestros estudiantes se conviertan en profesionales con criterio para poder innovar. Al mismo tiempo, podemos identificar las causas que interfieren en este proceso y que deberíamos llegar a controlar para minimizar los efectos que provocan.

La elaboración de esta guía ha supuesto para nuestro grupo la ocasión idónea para reflexionar sobre nuestra docencia; dicha reflexión ha dado como resultado los trabajos que presentamos en los capítulos siguientes.

Según hemos visto en el capítulo anterior, el aprendizaje requiere que haya actividad por parte del estudiante, que debe ser genuina y coherente con los objetivos «competenciales» que se quieran alcanzar. Uno de los aspectos más importantes de esta actividad es el diálogo-interacción con el profesor y, desde nuestro punto de vista, éste se produce cuando es necesario resolver problemas escogidos con la intención de facilitar que emerjan los nuevos conceptos y las nuevas maneras de hacer y de comunicar que van asociados a ellos (Baig, *et al.*, 2005). Hemos visto que, si bien enseñamos ciencias y matemáticas para que sean aprendidas, todavía estamos lejos de conseguirlo de manera completa y hemos advertido, más que nunca, la complejidad de la tarea docente.

La tarea docente de calidad nunca se ha reducido a una exposición de información sin esperar una respuesta de los estudiantes, que se puede producir incluso si las clases son magistrales; por eso, porque una clase puede ser buena si se siguen metodologías diferentes (no hay ninguna estrategia docente que garantice el éxito), un número importante de profesores no se da cuenta de la necesidad de explorar nuevas maneras de dar clase. Pero la situación actual en nuestras aulas, la rapidez con la que cambian actualmente los conocimientos y las incertidumbres con respecto al tipo de conocimientos que se deben seleccionar en los programas han hecho cambiar las relaciones entre estudiantes y alumnos, y han hecho que sea muy difícil mantener la necesaria interacción entre los unos y los otros en las clases tradicionales. Además, actualmente aumenta el desinterés de los estudiantes por las asignaturas y el desánimo de los profesores, que reconocen la dificultad de dar clase a estudiantes desmotivados.

El énfasis que actualmente se pone en las competencias, en la actividad que finalmente ha de ser capaz de llevar a cabo el estudiante de la manera más autónoma posible, nos devuelve a aquello que es más propio de la docencia y abre el camino hacia nuevas maneras de enseñar para volver a acercar a los estudiantes y a los profesores en los casos en los que se haya producido un distanciamiento. Nos abre nuevas perspectivas de trabajo docente que son interesantes y que los profesores debemos concretar en grupo, porque los cambios importantes que se deben introducir en las prácticas de enseñanza tradicionales no arraigarán sin un mínimo de sintonía entre todos los miembros de la comunidad universitaria. Esto hace que «hacer de profesor» sea una «profesión» que se debe fundamentar de manera adecuada, para que el resultado de las innovaciones que se diseñan y se introducen se pueda justificar y evaluar.

Hemos podido reestructurar algunas de nuestras clases y también diseñar nuevas. Cada uno de los capítulos de esta guía se dedica a las unidades docentes elaboradas por los miembros del grupo y que han sido discutidas entre todos en sesiones de trabajo quincenales. Hemos partido del análisis de clases que ya eran «competenciales» para identificar sus competencias y las hemos rediseñado siguiendo las fases previstas en el documento marco (capítulo 1). Hemos tenido en cuenta las competencias que aparecen en los nuevos grados de ciencias, algunos de los cuales ya aprobados y otros en fase de aprobación, y las hemos incorporado en nuestra propuesta, procurando integrarlas para no perder el sentido global de la actividad humana competente que queremos adquirir.

Debido a las características de los estudios a los que nos dedicamos y a nuestro deseo de considerar las competencias de la manera más integrada posible, creemos que todas las competencias que se alcanzan en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas **corresponden a «la actividad científica»: una actividad de intervención experimental en el mundo que se lleva a cabo en un marco teórico fundamentado y que genera lenguajes específicos en la comunidad científica.** Esta competencia se diversifica, ya que **es capaz de identificar problemas (cuestiones científicas); de utilizar evidencias o pruebas científicas; de dar una explicación científica de los fenómenos (que permitan tomar decisiones).** Y, para alcanzarla, los estudiantes deben aportar sus capacidades humanas: instrumentales (toma de decisiones, comunicación, organización...), interpersonales (trabajo en equipo, compromiso, automotivación, negociación...) y sistémicas (creatividad, iniciativa, preocupación por la calidad...).

Volviendo a la definición de competencias que se ofrecía en el capítulo 1 Delors (1999), podemos adelantar que la principal novedad que se debe introducir en las clases es el hecho de que los estudiantes actúen: que aporten su ser y convivan con los otros al saber hacer disciplinarios que ya prevén los programas. Como todas las actividades humanas racionales, la actividad de los estudiantes debe tener una finalidad con la que se identifiquen y se ha de desarrollar de acuerdo con determinados valores sociales y epistémicos compartidos que permitan evaluarla de manera transparente.

La diferencia entre una docencia por competencia y otra que sea memorística se hace evidente en la manera de evaluar, porque los resultados esperados en los dos casos no son los mismos. Las competencias se muestran y pueden ser evaluadas en la acción contextualizada, en situaciones imprevistas. El valor formativo de las actividades docentes

«competenciales» se muestra en la evaluación de los alumnos que las han hecho. Docencia y evaluación van estrechamente relacionadas; el cambio radical en la una lo es también en la otra.

Así pues, incluso el saber hacer de los programas puede estar en crisis y, por eso, se debe pensar de nuevo cuáles son los temas imprescindibles y cuáles habrá que eliminar de las programaciones.

En los apartados siguientes desarrollaremos estas ideas:

- las características de unidades docentes para desarrollar la actividad científica
- la evaluación y las herramientas de evaluación
- los ejemplos que proponemos
- reflexiones finales

## 2.1. LAS CARACTERÍSTICAS DE UNIDADES DOCENTES PARA DESARROLLAR COMPETENCIAS DE ACTIVIDAD CIENTÍFICA

Un estudiante competente es aquel que puede movilizar los saberes en contextos en los que hay personas, en situaciones imprevistas y de manera responsable. Debe «saber» tanto los conocimientos propios de las disciplinas que enseñamos (ciencias y matemáticas, en nuestro caso) como los conocimientos sobre los contextos y las personas, adquiridos previamente a lo largo de la escolaridad y que son propios de una persona culta; además, debe saber aplicar todos estos conocimientos. La capacidad de movilizar y aplicar los saberes **no es una consecuencia «automática» del dominio de conocimiento** que se ha adquirido en un formato enciclopédico; para hacerlo vivo, aplicable, es necesario recuperar los problemas reales se que resuelven con dicho conocimiento. Por eso, consideramos que, si el objetivo es que los estudiantes se conviertan en competentes, es necesario promover la actividad científica en las aulas, que se caracteriza por algunos de los aspectos que consideramos a continuación.

- Las clases se dan en un centro docente y no en una empresa; una gran parte de las competencias que desarrollan los estudiantes son, todavía, competencias que adquieren como «estudiantes» e inciden directamente en el «aprender a aprender ciencias», que les ha de permitir continuar desarrollando competencias profesionales cuando trabajen. Por eso, un primer aspecto a considerar es la selección de los contenidos de la enseñanza; no se pueden limitar a los que configuran las profesiones a las que acceden los licenciados / graduados en ciencias y matemáticas o que pueden solicitar las empresas que los contratan, sino que abarcan también los contenidos que se requieren para la investigación o la docencia y también los que ayudan a comprender las características del pensamiento científico: cómo emerge a partir de la investigación, su relación con lenguajes abstractos (teóricos), cómo se modifica cuando es divulgado, cómo se reconocen los problemas que deben ser investigados...

- Esta capacidad multidimensional de movilizar los saberes se corresponde con la capacidad de disfrutar con los conocimientos cuando se reconocen finalidades humanas en la interacción transformadora con el mundo, que es propia de las ciencias y que se puede evaluar mediante sistemas de valores complejos, entre los que destacan valores epistémicos para reconocer qué entidades permiten interpretar los fenómenos y relacionarlos. La competencia científica no se puede adquirir al margen de conocimientos científicos y matemáticos específicos. *Nos esforzaremos para seleccionar los contenidos más adecuados para que, en nuestras clases, los estudiantes actúen como científicos que intervienen de manera responsable y racional (con objetivos humanos y como futuros profesionales) en el mundo natural, en la medida en que las aulas lo permiten, procurando que la dimensión de conocimiento (saber), la metodológica (saber hacer), la participativa (saber estar, convivir) y la personal (ser) se den al mismo tiempo en cualquier ejemplo de los que elaboramos.*
- Hemos visto que «dar clase con el objetivo de adquirir competencia» desdibuja la diferencia entre enseñar y evaluar; son dos aspectos diferentes de un proceso dinámico que acaba al final de curso, pero que, si se ha hecho bien, puede continuar más allá, en otros cursos o ya en el ejercicio de la profesión, porque se ha aprendido a aprender. La excelencia académica no se mide por la acumulación de conocimientos, sino por la elaboración personal que el estudiante hace de dicha excelencia, que le ha de permitir acceder con eficacia y eficiencia a nuevos escenarios de conocimiento. Si los conocimientos específicos son insuficientes, no proporcionarán la competencia deseada; pero tampoco la proporcionarán si no van acompañados de una capacidad para reflexionar sobre la propia elaboración, es decir, sobre el propio proceso de aprendizaje (metacognición).
- Por eso, las actividades docentes diseñadas para «llegar a ser competente» deben ser transparentes para el alumno: deben mostrarle claramente las operaciones mentales que se han de activar para resolver con éxito tanto las actividades teóricas como las prácticas; ambas requieren capacidades cognitivas superiores (pensar, comunicar, experimentar). Según Perkins, 1986, este diseño incluye el planteamiento de buenos problemas (inéditos y significativos en el campo profesional) y el acompañamiento del alumno, que debe resolverlos con buenas preguntas que faciliten el acceso al conocimiento estructurado (teórico y práctico), con ejemplos de referencia adecuados, pidiendo argumentaciones con las que las preguntas se respondan de manera justificada y habiendo sido debatidas con otras personas.

## 2.2. NUESTROS EJEMPLOS

En este apartado explicamos a grandes rasgos el proceso que hemos seguido para diseñar nuestras unidades. Como acabamos de ver, enseñar con el objetivo de desarrollar competencia requiere un diseño específico de las unidades docentes (contenido y método) y una nueva manera de evaluar. En los apartados siguientes explicamos cada unidad con detalle.

Partimos de unidades docentes pensadas para adquirir «objetivos cognitivos» y por eso debíamos ver qué relación podíamos establecer entre estos objetivos y las competencias de pensamiento científico que queríamos promover. Empezamos seleccionando la que nos parecía más apropiada para la evaluación de competencias y la presentamos al grupo, con el fin de analizarla conjuntamente e identificar la competencia y los componentes que podíamos evaluar de dicha unidad docente.

A continuación explicamos con más detalle los siguientes aspectos:

- a. El proceso seguido para transformar la programación por objetivos en programación por competencias.
- b. Las dificultades que hemos encontrado.
- c. Las actividades y las herramientas de evaluación.

### **a. De los objetivos de aprendizaje a los componentes de las competencias en el diseño de las unidades docentes**

Una unidad docente es el conjunto de acciones previstas que se dan por escrito y que tienen la finalidad de promover aprendizajes. Algunas de nuestras clases, sesiones de prácticas o de problemas, aunque han sido diseñadas según unos objetivos cognitivos correspondientes a la consecución de los conceptos científicos (*saber y hacer* disciplinarios), disponían también de una participación importante de los alumnos y, por lo tanto, se podían evaluar desde la perspectiva de las competencias. Así pues, podíamos transformarlas en unidades docentes «competenciales».

Para transformar los objetivos cognitivos en «competencias» debíamos mostrar con más claridad las actividades que se pedían a los alumnos y que correspondían a «ser» y a «convivir» que debían aportar ellos en una clase en la que se trabajan el saber y el hacer científicos. La novedad ha sido, pues, el hecho de añadir y poner más énfasis en las actividades de aprendizaje propuestas a los alumnos, porque queremos hacerles participar activamente en las clases y hacer que sean capaces de regular sus aprendizajes. Así, hemos podido establecer el «patrón» que debían tener en común las actividades que presentamos y que las hacen aptas para formar parte de esta guía. Además, hemos diseñado nuevas unidades docentes según este patrón.

Según este esquema o patrón, **una unidad docente que permita desarrollar competencias debe proponer «cosas que deberán hacerse» que hagan pensar y den la ocasión de trabajar en grupo, relacionar temas y colaborar con personas diferentes. Las actividades que se proponen deben ser problemáticas e interactivas y se han de generar en los contextos adecuados.**

Este cambio nos obliga a incorporar nuevos elementos en las clases tradicionales porque deberemos enseñar a hacer algunas de las actividades que se reclaman de los estudiantes y que se evaluarán a final de curso. Por ejemplo, si damos importancia a leer y a escribir (un componente de la competencia científica) hemos de enseñar a leer y a escribir textos

científicos; si no se hace así, no será correcto evaluar esta dimensión. Del mismo modo, no podemos evaluar componentes de las competencias que no nos vemos capaces de enseñar.

Hemos modificado la unidad docente para aumentar la actividad autónoma de los alumnos, lo que nos sugirió nuevas herramientas/actividades de evaluación y estableció los indicadores/descriptores de adquisición de las competencias, y los ponderó para que pudieran evaluarse las competencias. La evaluación nos ha forzado a determinar con más precisión los resultados de aprendizaje que esperamos conseguir y a asignar indicadores de calidad a nuestra docencia, para que podamos valorar en qué grado los resultados obtenidos corresponden a los esperados.

### **b. Identificación de las competencias que podemos evaluar y de sus componentes**

Hemos de reconocer que inicialmente nos desconcertaron las diferentes listas de competencias que pudimos consultar. A pesar del interés por promover un aprendizaje competencial (la idea nos parecía clara) nos costaba concretar dicha idea en nuestras unidades docentes. Además, fue difícil conceptualizarla de manera que no se rompiera la unidad de la competencia científica, por un lado, ni la confluencia de las cuatro dimensiones de la actividad humana según Delors, por otro.

En las unidades didácticas en las que presentamos las competencias de pensamiento científico, éstas se manifiestan en la actividad que hacen los estudiantes y en el diálogo que mantienen con los profesores. Hemos identificado los objetivos de aprendizaje y las actividades que queremos que realicen los estudiantes. Consideramos que si establecemos relaciones entre los unos y los otros podemos identificar competencias que serán evaluables, porque se manifiestan en los resultados adquiridos por los estudiantes al acabar la unidad docente.

Hemos utilizado tablas de doble entrada para representar esta confluencia que da lugar a acciones evaluables. La primera fila indica los objetivos que se deben alcanzar según la antigua redacción (objetivos de aprendizaje) o según la actual (competencias, que se pueden considerar capacidades, componentes de las competencias o subcompetencias). Son, por ejemplo, actitudes (espíritu crítico), capacidades (argumentar, plantear hipótesis, relacionar hechos, interpretar, relacionar hechos y teoría) y conocimientos. La primera columna indica las actividades de aprendizaje que se trabajan en esta unidad docente con el fin de conseguir los objetivos que plantea. En los cruces de la tabla se indican las herramientas de evaluación que han de servir para establecer si los objetivos realmente se han alcanzado (véanse las páginas 52, 64, 76, 88, 102, 110, 122, 132, 144 y 157). Cabe recordar que estamos trabajando en un contexto universitario y que todos nosotros estamos comprometidos con que los estudiantes aprendan ciencias. Por lo tanto, el «saber» y el «hacer» corresponden a una disciplina y son fundamentales

Teniendo en cuenta todo lo que hemos ido diciendo, la competencia científica global se puede definir tal y como la definen Cañas, Martín y Niedo (2008), en función de sus elementos, que son:

- El contexto, que son las situaciones de trabajo relevantes propuestas desde el punto de vista de la disciplina (corresponden a cada una de las actividades docentes que presentamos y las caracterizan).
- Las capacidades, que corresponden a pensar (identificación de preguntas científicas), a comunicar (explicación científica de los fenómenos) y a hacer (utilización de pruebas científicas). Se diversifican en función de la actividad docente concreta que evaluamos. (Son, en gran parte, transversales y contribuyen a caracterizar la actividad científica, sinónimo de capacidad para resolver problemas y explicarlos.)
- Las actitudes, que «estiran» e impulsan la creación de conocimiento. (Son, en gran parte, transversales y contribuyen a caracterizar la actividad científica, sinónimo de capacidad para resolver problemas y explicarlos.)
- Los contenidos o saberes específicos del mundo natural o de la propia ciencia sobre los que se aplican las capacidades. (Corresponden a cada una de las actividades docentes que presentamos y las caracterizan.)

Así, la competencia que entre todos hemos evaluado se puede describir como la «capacidad de utilizar el conocimiento científico para *identificar preguntas y obtener conclusiones o explicaciones a partir de evidencias con la finalidad de comprender y ayudar a tomar decisiones* sobre el mundo natural y los cambios que la *intervención humana* produce en él», y es sinónimo de actividad científica y de resolución de «problemas que se pueden explicar». Hay muchas maneras de mostrarla, porque la actividad científica es muy compleja y son muchas las situaciones diferentes en las que se concreta. Por eso, para identificar una competencia (que sólo se ve y se evalúa en la actividad) nos referiremos al contexto, a los conceptos clave, a las capacidades que hacen falta para llevar a cabo la acción, y a las actitudes. En el anexo 1 veremos un extracto de la web de Bolonia de la UAB, web en la que estas capacidades aparecen como competencias pero de una manera clara y sencilla.

### **c. Instrumentos de evaluación y actividades de evaluación**

Las 10 tablas de que disponemos nos han permitido identificar algunas dimensiones competenciales transversales y otras dimensiones específicas, que se pueden evaluar perfectamente con instrumentos específicos.

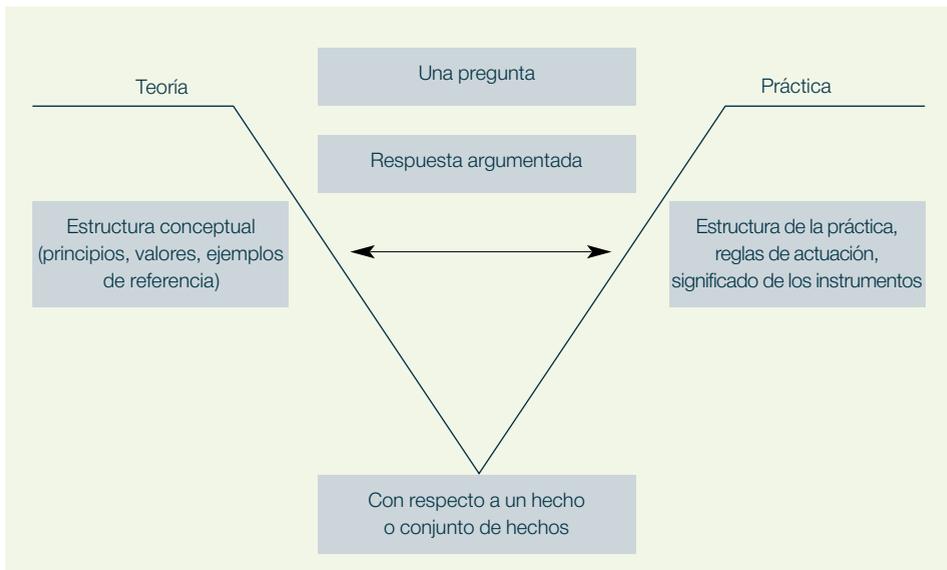
Todo eso nos ha hecho advertir la importancia de los cambios que se introducen con respecto a la evaluación cuando se trabaja desde la perspectiva de la competencia. Sin ningún tipo de duda, éste es el cambio más importante que se debe introducir en la docencia universitaria y que implica necesariamente muchos otros cambios: requiere nuevas acciones docentes que sean al mismo tiempo actividades de evaluación y nuevos instrumentos didácticos que contribuyan a hacer «transparente» el proceso de enseñar, a fin de que el estudiante pueda regular los aprendizajes que deriven de él. Con esto, como ya se ha dicho,

la evaluación pasa a ser un aspecto más de la tarea diaria en clase y compromete al mismo tiempo al profesorado y al alumnado. Se convierte en una acción continuada que persigue la calidad y que nunca la consigue del todo, porque implica la reflexión crítica sobre la docencia que la retroalimenta y la hace cambiar constantemente, para adaptarse a unos alumnos que son diferentes cada año y a demandas sociales que también cambian.

Todo eso nos lleva muy lejos, más lejos de lo que podíamos suponer inicialmente. Para empezar, se nos hace necesario identificar los valores que nos permiten evaluar y que identificamos a partir de estos modelos (de ciencia, de profesorado); los modelos hacen que en nuestra tarea docente y científica (nuestra investigación) confluyan dichos valores, que, en conjunto, consideramos que son propios de la actividad científica que queremos promover. Por ejemplo, valoramos que los estudiantes puedan leer y escribir de manera autónoma, que puedan planificar el trabajo que se ha de hacer, que puedan autoevaluarse, reflexionar sobre los propios conocimientos y sobre los objetivos que se quieren alcanzar: que se puedan establecer relaciones significativas del conjunto de los hechos, de las teorías y de los lenguajes que los alumnos deben conocer.

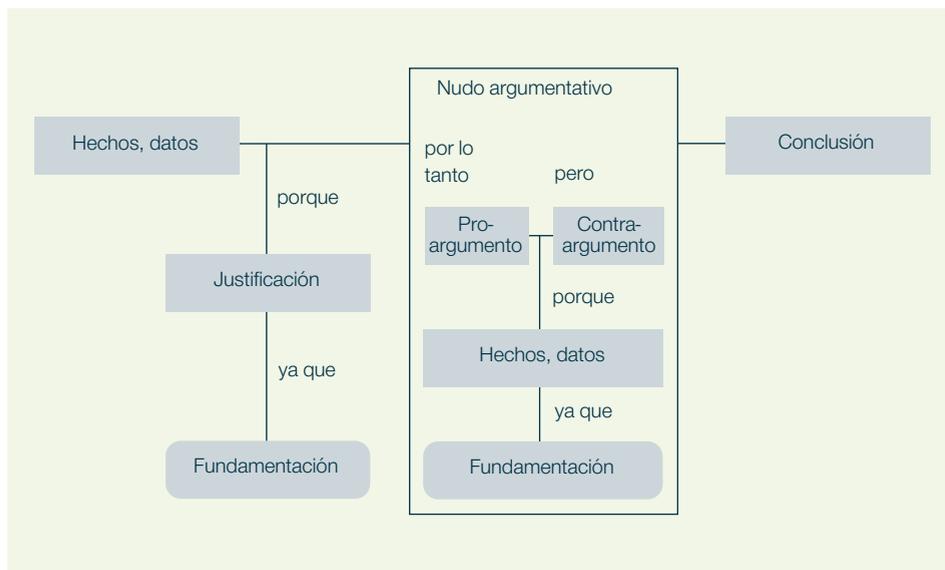
Al diversificar y enriquecer los aspectos de las actividades docentes que valoramos, hemos diversificado también los instrumentos de evaluación que hemos utilizado, que no son neutros ni pasivos, porque no sólo permiten evaluar, sino que son, además, instrumentos de transformación de los conocimientos y de las capacidades de los estudiantes.

**Figura 4. La v de Gowin**



Por ejemplo, la *v* de Gowin (véase la figura 4) propone una determinada manera de distribuir las informaciones: en preguntas con significado en un contexto determinado (*a*); en conocimiento estructurado, práctico y teórico, que proviene de la disciplina (*b*); en ejemplos de referencia (*c*); en argumentación, que permite responder la pregunta utilizando el conocimiento estructurado y los ejemplos de referencia (*d*). De este modo, la *v* constituye una representación de lo que consideramos que debe ser la actividad científica genuina para nuestros estudiantes.

**Figura 5. Base de orientación, según Sardà, et al.**



Las bases de orientación guían el trabajo de los estudiantes y les indican cuáles son los aspectos que se valoran de su trabajo. Como ejemplo, adjuntamos una base de orientación relativa a la argumentación (figura 5).

En las tablas de los apartados correspondientes a las diferentes asignaturas que hemos evaluado presentamos los instrumentos de evaluación utilizados, los indicadores a los que se refieren y su valoración y ponderación respecto de la nota final. En algunos de los ejemplos, esta nota final es un comentario global, que puede ser una recomendación y que puede formar parte de la evaluación continuada.

## 2.3. RESULTADOS QUE HEMOS OBTENIDO

Según las aportaciones de las ciencias cognitivas (Guidoni, 1985), un saber dinámico, significativo, requiere que cooperen las diferentes dimensiones del sistema cognitivo humano, las que nos hacen capaces de pensar, de actuar y de comunicar para responder

una pregunta (o resolver un problema) y nos proporciona la finalidad para la actividad cognitiva. Esto, aplicado a nuestras clases, quiere decir que las teorías científicas y sus prácticas experimentales, y los lenguajes especializados se aprenden al mismo tiempo; y que se necesita una pregunta, un problema, para implicar al estudiante en esta actividad cognitiva completa, que es genuina cuando la hace a conciencia y no cuando alguien le dice que la tiene que hacer. Y es así como el estudiante se vuelve competente, porque ha aprendido al mismo tiempo las preguntas relevantes, las maneras de responder a esas preguntas y tiene capacidad de metacognición, es decir, puede y sabe reflexionar sobre su propio aprendizaje.

Hemos analizado unidades docentes que corresponden a los ámbitos siguientes: Química (inorgánica, física, analítica y general), Física para la geología, Biología, Matemáticas e Informática. Hemos hecho el análisis desde la perspectiva de la competencia científica y hemos podido identificar el aspecto competencial que resultaba más propio de la actividad y de las subcompetencias que lo caracterizaban.

Las subcompetencias son las siguientes:

- Resolver problemas de ecología mediante prácticas de campo (indagación según la metodología científica).
- Resolución de problemas experimentales en un laboratorio integrado de biotecnología (resolución de un problema práctico complejo en el que se combinan el trabajo individual y el trabajo en grupo).
- Evaluación de competencias en un laboratorio de química (comprensión y gestión de los fenómenos químicos mediante la interacción de alumnos y profesores).
- Evaluación por competencias en la asignatura de Química básica. Cambio de paradigma en la interpretación de un fenómeno (construcción de uno «hecho científico» según las leyes del cambio químico y explicación de dicho cambio mediante una maqueta).
- Actividad de aprendizaje basado en problemas en la titulación de Biología de la UPF (contribución del portafolio en la metacognición de los estudiantes).
- Evaluación de la competencia en el uso del lenguaje de matemáticas.
- Evaluación de competencias en Informática: el estudio y la resolución de un caso sobre fundamentos de computadores (en Informática para no informáticos).
- Evaluación de la competencia de aprendizaje autónomo en Química analítica mediante el trabajo cooperativo.
- Evaluación de competencias en una clase de Termodinámica.
- Actividades de demostración, observación y explicación (DOE) en el aula, para la asignatura Física para la geología (grado de Geología).

A partir del análisis hemos comprobado la complejidad de la enseñanza de las ciencias y los diversos aspectos que se deben tener en cuenta cuando se quiere que los estudiantes se conviertan en «competentes» dentro de la disciplina. Enseñar a pensar según las «reglas del juego de la disciplina», de manera creativa para que se participe en problemas globales de interés para este campo específico del saber es difícil, pero es gratificante conseguirlo.

Hemos comprobado que la competencia científica que todos promovemos en nuestras propuestas docentes se puede formular de muchas maneras, enfatizando en aspectos diferentes que corresponden a las actividades de evaluación y a los instrumentos concretos de que disponemos y que no hemos unificado porque, si lo hacíamos, perdíamos los matices propios de cada uno de los ejemplos que presentamos. Todo esto nos permite advertir que no es bueno hacer una formulación demasiado rígida de las competencias y que es mejor tener claro qué quiere decir «ser competente» y procurar promover acciones/actividades en las cuales se den las cuatro dimensiones que propone J. Delors (saber, saber hacer, ser, convivir) y dar pistas a los estudiantes para que puedan regular ellos mismos sus aprendizajes.

Del mismo modo, las herramientas de evaluación son diversas aunque, ciertamente, algunas de las que han surgido en algunas de las actividades docentes pueden utilizarse en otras actividades.

Vemos que una de las principales diferencias que surgen cuando se compara una clase «enciclopédica» (en la cual el examen es un punto final que clasifica a los alumnos) con una clase en la que se trabaja «por competencias» (en la cual las herramientas de evaluación son más transparentes y permiten reflexionar sobre el proceso de aprendizaje y gestionarlo mejor) es que algunas de estas nuevas herramientas de evaluación pueden ser consideradas también como instrumentos de aprendizaje.

La evaluación por competencias requiere enseñar y aprender activamente, porque las competencias se demuestran en la acción. Ahora bien, si se ha trabajado durante el curso de esta manera también es posible proponer problemas y preguntas «de papel y lápiz» (en un examen final tradicional, por ejemplo) con los que evaluar competencias. Estas preguntas no piden que el estudiante repita conocimientos memorísticos, sino que le proponen situaciones problemáticas que tiene que resolver de manera teórica y con sentido práctico.

El enfoque de la enseñanza por competencias nos ha hecho revisar nuestro trabajo como profesores: no nos podemos considerar mediadores entre unos saberes científicos rígidos y unos estudiantes que tienen que aprenderlos, sino que debemos hacer que emerja conocimiento que los alumnos puedan aplicar, desarrollando para eso las diversas capacidades humanas que les permitan actuar y su capacidad de autorregulación de los aprendizajes. Podemos intuir ya desde ahora, a partir de esta reflexión y de la identificación de las competencias/subcompetencias que se pueden desarrollar en clase, que la manera de enseñar no será la misma en el futuro, porque la evaluación tampoco lo es. Por lo tanto, esperamos identificar mejor las estrategias docentes que hayan utilizado los profesores en las actividades analizadas y que pueden ser muy útiles para el conjunto de profesores si se divulgan y se presentan relacionadas con una evaluación que pone en evidencia la adquisición de competencias. También será necesario trabajar más para poder documentar

los resultados de los alumnos y comprobar que, efectivamente, el instrumento funciona porque ha funcionado también la adquisición de la competencia.

Creemos que los profesores generamos conocimientos inéditos en el acto de enseñar: los grandes objetivos de creación de nuevo conocimiento han sido vinculados muy a menudo a la tarea docente innovadora de científicos que hacían investigación y veían la necesidad de presentarla de manera razonada y razonable a sus alumnos. Por eso, hemos ido viendo que no se puede evaluar la competencia sin modificar al mismo tiempo los programas, que tienen que permitir que se dedique más tiempo al trabajo creativo vinculado a actividades problemáticas reales, entre las que habrá algunas que serán interdisciplinarias. La finalidad actual (desarrollar competencia en los estudiantes) nos ofrece nuevas posibilidades de intervención docente y nos invita a diseñar unidades docentes a partir de problemas reales, más ricos y vinculados a valores humanos, como lo son, en general, las situaciones que tendrá que resolver el estudiante cuando se convierta en un profesional que debe tomar decisiones e intervenir, en consecuencia, en determinados acontecimientos y/o fenómenos.

Hemos intentado aplicar el mandato de evaluar por competencias en nuestras clases, pero reconocemos que están inmersas (como las de todos los profesores) en un conjunto de condiciones que las determinan en gran parte: las horas de clase, las aulas, los horarios, los programas, los libros, los recursos, las acreditaciones que ahora se piden para poder ser profesor —que no parecen considerar la importancia de la docencia para convertirse en profesor universitario—, etc. Todo esto debe ir cambiando, pero esta transformación no se podrá hacer de un día para otro, sobre todo porque los propios alumnos no valoran lo suficiente el cambio que los obliga a ser activos en clase.

Creemos que explicar bien el trabajo que hemos hecho a lo largo de este año de preparación de la guía es más útil para los profesores que la propia guía. El trabajo conjunto con profesores que trabajan con objetivos nos ha hecho más conscientes de las dificultades específicas de nuestra profesión de docentes y creemos que éste es un elemento imprescindible que necesariamente debe tenerse en cuenta para la evaluación de la calidad de la enseñanza. Así pues, debemos partir de la confianza en los profesores y en la tarea que hacen aquellos que reflexionan sobre su docencia y se comprometen a mejorarla constantemente.

Al analizar nuestras clases desde la perspectiva de las competencias (y recordando las cuatro dimensiones, según Delors, 1997) nos hemos dado cuenta de que la docencia universitaria atiende dos de estas dimensiones —el saber y el saber hacer—, que configuran el contenido de la disciplina y, en el mejor de los casos, que disponen también de las finalidades y el contexto de aplicación de los conocimientos. En cambio, el ser y el saber estar, y el convivir de los estudiantes (y su capacidad de metacognición) no se tienen en cuenta porque, en general, no se ha considerado a los protagonistas de la ciencia que se desarrolla o emerge en la clase. Ahora vemos claro que, de esta manera, se empobrece la ciencia que se enseña y, además, los alumnos se convierten en pasivos y tienen dificultades a la hora de aplicar los conocimientos. El nuevo estilo de docencia, que se organiza en créditos ECTS, permite atender estas otras dos dimensiones, de manera que se pueden llegar a identificar actuaciones «competentes» en las que confluyen las cuatro dimensiones.

# 3. RESOLVER PROBLEMAS DE ECOLOGÍA MEDIANTE PRÁCTICAS DE CAMPO

Anselm Rodrigo

## 3.1. INTRODUCCIÓN

Desde que empezó la carrera de Biología en la Universitat Autònoma de Barcelona a través de la Unidad de Ecología del Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología se ha dado una gran importancia a las prácticas de campo en la formación del biólogo en el campo de la ecología. Esta importancia se ha reflejado en el hecho de que las prácticas de campo de la asignatura de Ecología siempre han tenido un peso muy importante en la docencia; esta característica se trasladó a las prácticas de Ecología de la licenciatura de Ciencias ambientales cuando ésta apareció.

Estas prácticas están concebidas, tanto en su realización como en su evaluación, como una herramienta de aprendizaje tanto para competencias propias de la Ecología como para competencias de carácter científico general más allá de la propia disciplina.

## 3.2. CONTEXTO DOCENTE

Titulaciones: licenciatura de Biología (BIO) y de Ciencias ambientales (CCAA)

Asignatura: prácticas de la asignatura de Ecología

Curso: asignatura troncal de segundo curso en ambas licenciaturas; en el caso de BIO es anual y en el caso de CCAA es semestral y se imparte durante el segundo semestre.

Créditos: en BIO, la asignatura globalmente tiene 10,5 créditos, 6 de teoría y 4,5 que se consiguen con estas prácticas. En CCAA, la asignatura consta de 12 créditos, 6 de teoría, 1,5 de problemas y también 4,5 que se consiguen con estas prácticas.

Estudiantes: en total 280 en BIO y 120 en CCAA, aproximadamente, aunque para las prácticas se hacen grupos de 22-25 estudiantes que van con un profesor, lo que significa en torno a 16 grupos de prácticas.

Profesores: intervienen cinco o seis profesores, aproximadamente, algunos de los cuales imparten también parte de la teoría.

Tipo de actividad: resolución práctica de un problema o pregunta sobre ecología.

### 3.3. OBJETIVOS A CONSEGUIR

Todos los objetivos de aprendizaje que se pretenden alcanzar con estas prácticas se pueden agrupar en una sola competencia, que es:

*«Ser capaz de resolver un problema o pregunta de ecología a partir de la obtención de datos de campo.»*

Esta competencia, por lo tanto, se resuelve en un contexto concreto: el de la ecología, desde el punto de vista conceptual, y el del muestreo de datos de campo o de observación, desde el punto de vista metodológico.

A continuación concretamos esta competencia de dos maneras.

Primero concretamos esta competencia separándola en objetivos de aprendizaje más concretos (o subcompetencias) y, por tanto, más fácilmente evaluables, que se pueden agrupar en conocimientos, capacidades y actitudes:

#### a. Conocimientos

- Interpretar los problemas o las cuestiones ecológicas teniendo en cuenta la escala temporal y espacial de los procesos implicados.
- Utilizar algunos contenidos ecológicos más o menos concretos en la resolución de los problemas.

#### b. Capacidades

- Ser capaz de utilizar algunas técnicas de muestreo de campo propias de la ecología: transectos de puntos, alometrías, etc.
- Aprender a utilizar el método científico para resolver problemas o cuestiones científicas, capacidad que se concreta en:
  - Plantear hipótesis razonables y razonadas a partir de los conocimientos o de informaciones complementarias.
  - Diseñar una metodología de campo adecuada para probar las hipótesis.
  - Realizar un trabajo de campo según la metodología propuesta y recoger los datos en bases de datos bien construidas.
  - Analizar los datos mediante diferentes métodos estadísticos o matemáticos básicos.
  - Discutir los resultados según las hipótesis planteadas.
  - Extraer conclusiones que permitan aceptar las hipótesis iniciales.

- Ser capaz de reflejar todo el proceso científico en un texto escrito (en formato artículo) y sintético, capacidad que implica:
  - Hacer un resumen breve e informativo.
  - Escribir una introducción correctamente.
  - Hacer una descripción del área de estudio y de la metodología precisa y sintética.
  - Presentar los datos correctamente y de forma clara en tablas y figuras.
  - Expresar correctamente los resultados de forma precisa (incluyendo los estadísticos).
  - Discutir los resultados de acuerdo con las hipótesis iniciales y sintetizarlos en unas conclusiones breves.

### **c. Actitudes «Actuar como un científico»**

- Hacer el planteamiento de los muestreos o experimentos rigurosamente.
- Recoger los datos de forma ordenada y rigurosa.
- Tener una actitud de curiosidad y de observación durante las diferentes partes del proceso.
- Expresar las opiniones o juicios, siempre basados en datos u observaciones contrastables.

Por otra parte, resulta interesante recoger aquí que esta gran competencia incluye a la vez, de manera parcial o total, algunas competencias generales propuestas por la Universitat Autònoma de Barcelona para las nuevas titulaciones de grado y plantea también algunas competencias específicas que incluye la propuesta del nuevo grado de Biología ambiental de la UAB. A continuación, relacionamos estas competencias, que se pueden evaluar total o parcialmente, con la propuesta recogida en este capítulo:

### **a. Competencias comunes para todos los graduados de la UAB**

- Desarrollar el pensamiento y el razonamiento críticos y saberlos comunicar de manera efectiva, tanto en lenguas propias como en una tercera lengua (en este caso no incluiría una tercera lengua).
- Desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.

### **b. Competencias del Grado de Biología ambiental**

#### **Competencias específicas**

- Muestrear, caracterizar y manipular poblaciones y comunidades.
- Diseñar modelos de procesos biológicos.
- Describir, analizar, evaluar y planificar el medio natural.

### c. Competencias transversales

#### Instrumentales

- Desarrollar la capacidad de análisis y síntesis.
- Obtener información, diseñar experimentos e interpretar los resultados.
- Comunicarse eficazmente oralmente y por escrito (en este caso sólo valoramos la comunicación por escrito).
- Aplicar recursos de informática relativos al ámbito de estudio.
- Resolver problemas.

#### Personales

- Trabajar individualmente y en equipo (de hecho, en este caso se trabaja en equipo, pero este aspecto no se evalúa).
- Razonar críticamente.
- Desarrollar el trabajo autónomo.
- Aplicar los conocimientos teóricos en la práctica.
- Motivarse para la calidad.

## 3.4. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Las prácticas implican un trabajo presencial durante cinco días, ocupan todo el día y en general coinciden todas en una misma semana; después de las prácticas, los estudiantes hacen un trabajo autónomo en grupo y una sesión de tutoría presencial. Se pueden describir seis fases:

#### Planteamiento del problema (el primer día de prácticas en una sesión presencial de dos horas)

- Breve introducción al método científico.
- Presentación del problema que se debe resolver, a partir de algún documento o escrito, que se basa en una pregunta general.
- Organización de los 25 estudiantes en equipos de 3-5 estudiantes.
- Discusión equipo por equipo sobre qué hipótesis se plantean para resolver la pregunta. A continuación se discuten las hipótesis con todo el grupo y el profesor, que elige tres o cuatro.
- De nuevo por equipos pequeños se propone la metodología de campo para obtener los datos que permitan corroborar o desestimar las hipótesis escogidas en el apartado anterior. Puesta en común con todo el grupo y establecimiento del protocolo de trabajo de campo.

### **Obtención de los datos de campo o laboratorio (el resto del primer día, el segundo día y el tercer día, actividades presenciales con el profesor)**

- Realización de los muestreos de campo o manipulación de materiales en el laboratorio según la metodología diseñada.

### **Análisis y discusión de los resultados (el cuarto y quinto día en la sala de ordenadores, sesiones presenciales de mañana y tarde)**

- Creación de las bases de datos.
- Análisis estadístico y representación gráfica de los resultados.
- Discusión por equipos y después con el grupo general de cómo interpretar los resultados.
- El último día, el profesor explica la estructura que debe tener un artículo científico, especificando qué tiene que incluir cada apartado.

### **Redacción de la primera versión de la memoria (trabajo en pequeños equipos de forma autónoma)**

- Redacción de una memoria en formato artículo científico con la presentación de las conclusiones y de los resultados obtenidos.
- Corrección del artículo por parte del profesor. (Extensión limitada.) Primera nota del trabajo.

### **Tutoría en equipos pequeños (actividad presencial)**

- Con cada equipo se hace una tutoría de aproximadamente una hora en la que el profesor comenta las correcciones del trabajo y las sugerencias de mejora. Los estudiantes, de forma voluntaria, pueden presentar una nueva versión incorporando las correcciones.
- Durante esta tutoría se hace un pequeño examen individual de cuatro preguntas cortas con contenidos relacionados con el artículo y con las prácticas en general.

### **Redacción de la segunda versión del artículo**

- Dos semanas después de la tutoría, los estudiantes pueden presentar la versión definitiva del artículo, que el profesor deberá revisar y evaluar.

### 3.5. ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

La evaluación, por lo tanto, se realiza a través de los elementos siguientes:

#### La valoración del artículo científico

Este trabajo se presenta en pequeños equipos, los mismos que han hecho las prácticas en el plazo de cuatro semanas. Se ha de presentar en formato de artículo científico (cuya estructura se explica el último día de prácticas), si bien no se pide todavía que incluya referencias bibliográficas. El trabajo está limitado a 10 páginas de texto (el resumen a un máximo de 250 palabras), extensión que no incluye ni tablas ni figuras.

Permite evaluar aspectos relacionados especialmente con la comprensión de contenidos (objetivos 1 y 2), con la utilización de diferentes métodos propios de la ecología (objetivo 3), con el desarrollo del método científico (objetivo 4) y con la manera de explicar este proceso en una memoria escrita (objetivo 5). La gran virtud, pues, de la corrección de este trabajo es que permite valorar conjuntamente diversos aspectos de la competencia general, pero tiene la carencia de no poder delimitar claramente si hay un problema en la adquisición de los contenidos o de la metodología, o bien si no hay una buena capacidad de expresar el resultado de este aprendizaje por escrito.

El profesor valora la memoria del 1 al 10 de acuerdo con una serie de objetivos de aprendizaje concretos (véase el anexo 2.1.) y anota las correcciones que propone al equipo en el mismo documento del trabajo.

Con este documento el profesor cita al equipo a una tutoría, que se acechón cada uno de los equipos por separado y dura aproximadamente una hora. El profesor analiza críticamente la memoria presentada y muestra a los estudiantes los aciertos y errores que ha detectado en el trabajo a la vez que sugiere mejoras y correcciones. Tiene pues un objetivo formativo y no tan certificador del aprendizaje, sirve para que los estudiantes se den cuenta de los problemas y entiendan cómo mejorarlos. Además, este trabajo puede permitir al profesor y a los estudiantes distinguir hasta qué punto los problemas identificados en el trabajo tienen que ver con la comprensión de los contenidos y/o procesos implicados en la resolución del problema, con la manera como eso se expresan los resultados y los contenidos en el formato concreto o bien con la mezcla de ambas cosas.

La segunda versión del trabajo, en el que los estudiantes incorporan las correcciones del profesor y que entregan después de dos semanas, la evalúa el mismo profesor de manera similar a la primera, si bien en este caso ya no se le devuelve al estudiante. La valoración que se da en forma de nota modifica la nota de la primera versión, pero no la sustituye, ya que es importante que el estudiante entienda que el esfuerzo grande debe hacerse en la primera versión y que la segunda es para corregir errores, no para hacer el trabajo de nuevo. En el anexo 2.1. se explica cómo mejorar la consecución de diversos objetivos de aprendizaje en esta segunda versión con respecto a la primera.

## **Una prueba escrita**

Se trata de una prueba con cuatro preguntas de respuesta corta, pero que hay que redactar. Se hace al empezar la tutoría. Se responde de manera individual. Las preguntas serán diferentes para cada equipo, aunque pueden tener alguna pregunta en común. En general, están orientadas según la corrección del trabajo o las observaciones hechas por el profesor durante las prácticas. No se espera una respuesta concreta; más bien se potencia la capacidad de relacionar diferentes aprendizajes y de hacer razonar al estudiante.

La idea de estas preguntas es profundizar en aquellos aspectos que los estudiantes parecen haber adquirido bien a fin de poder individualizar mejor la evaluación. No se trata de preguntar aquello que han hecho mal en la memoria, ya que obviamente lo responderán mal, sino de ver hasta qué punto todos los miembros del equipo han adquirido lo que en la memoria está más o menos bien resuelto. También es adecuado incluir alguna pregunta sobre las metodologías de muestreo de campo o de análisis de datos utilizadas. En el anexo 2.2. se incluye una pequeña muestra de cómo pueden ser estas preguntas.

## **La observación que hace el profesor del trabajo desarrollado por los estudiantes**

Esta herramienta de evaluación se basa en la observación de cómo trabajan los estudiantes durante todo el proceso. La idea es obtener una valoración, individualizada para cada estudiante, especialmente de los aspectos más relacionados con las cuestiones más actitudinales (objetivos 7, 8, 9 y 10). Evidentemente, el formato de estas prácticas resulta especialmente útil para esta observación ya que seguimos de forma intensiva y durante una semana el trabajo que hacen. Se trata de una evaluación difícil de hacer y existe la posibilidad de que se convierta en subjetiva y muy parcial, ya que fácilmente nos fijamos sólo en estudiantes que destacan por alguna cuestión concreta, ya sea positiva o negativa.

Hay algunos elementos que nos pueden ayudar a hacer esta observación. Por una parte se pueden utilizar algunos documentos o trabajos que se van generando durante las prácticas como, por ejemplo, los ficheros de ordenador o las hojas de datos de campo, en las que se puede valorar si están ordenadas y hasta qué punto lo están o si son inteligibles los datos cogidos en el campo. Pero un elemento que puede ser bastante útil es una guía de observación. Esta guía implica la fijación de una serie de ítems o elementos para observar a cada alumno. Nos puede ayudar a hacer una observación más eficiente y objetiva, ya que nos obliga a fijar previamente el conjunto de elementos que observaremos y en los que se basará nuestra valoración y, por lo tanto, a concretar cómo valoramos estas competencias más transversales. Además, tiene la virtud de que nos obliga a observar a todos los estudiantes. La idea no es llenar todas las casillas de forma exhaustiva pero sí asegurarnos de tener diversas observaciones para todos y cada uno de los estudiantes. En el anexo 2.3. hay un ejemplo de cómo podría ser una guía de este tipo. En general, la cuantificación de cada observación es una valoración cualitativa.

## Cuantificación de los diferentes elementos de evaluación

Es difícil hacer una propuesta generalizable de cómo ponderar cada parte en la evaluación acreditativa de la asignatura. Debe tomarse en consideración no sólo la propia asignatura, sino también las otras que el estudiante cursa a la vez, así como las propias preferencias y capacidades del profesor y los estudiantes. A continuación, exponemos la manera como las evaluamos en nuestro caso:

### La nota de la memoria

La primera versión de la memoria se valora con una nota sobre 10 a partir de la valoración de los diferentes ítems, tal y como se indica en el anexo 2.1. La segunda versión se vuelve a evaluar de manera similar, si bien la nota final no puede superar en más de tres puntos la primera versión y nunca baja la primera nota. Esta limitación de la mejora de nota se hace con el fin de remarcar que el mayor esfuerzo se debe invertir en la primera versión. Esta nota es, obviamente, común para todos los miembros del equipo que han hecho la memoria.

### La nota de la prueba escrita

Valorada sobre 10 a partir de cuatro preguntas de respuesta relativamente corta (media página cada una), y, evidentemente, es una nota individual.

### La valoración derivada de la guía de observación

También es una nota individual que en este caso es valorada con un modificador de la nota que va entre -2 y +2 puntos de la nota global.

La valoración final para cada estudiante es, pues:

Un 80% de la nota es la nota de la segunda versión de la memoria, un 20% la nota de la prueba escrita; además, se añade el modificador de nota procedente de la observación. Obviamente, la nota tiene un máximo de 10.

## Consignas a los estudiantes

Las consignas a los estudiantes, que se realizan durante todo el proceso, son, sobre todo, orales; sin embargo, cabe remarcar que hay dos momentos claves en los que estas consignas han de estar claras y bien estructuradas:

### La fase 1 o sesión de presentación del problema (véase el apartado de actividad del aprendizaje)

En este punto inicial se debe comunicar claramente a los estudiantes cuál es el proceso de las prácticas y se les debe informar de que se trabajará siguiendo un proceso de investigación científica, que ellos protagonizarán junto con el profesor. Dependiendo del contenido concreto de cada práctica, se puede dar a los estudiantes una serie de materiales para ayudarles a plantear las hipótesis sobre las cuales se estructurará el problema. Este material será diferente según el contenido de la práctica y no tiene sentido adjuntarlo en este

documento. Sin embargo, diversos ejemplos de estos materiales, junto con otros casos de estudio centrados en temas de ecología, se pueden encontrar en: <http://www.creaf.uab.es/aprenecologia/>.

**En la parte final de la fase 3 (para el análisis y la discusión de los resultados, véase el apartado de actividad del aprendizaje)**

Al acabar la última sesión de discusión de los resultados, el profesor explica las diferentes partes de que consta un artículo (título, resumen, introducción, material y métodos, resultados, y discusión) y da algunas orientaciones de cómo hacerlo. Además, indica las limitaciones de espacio y pacta con los estudiantes las fechas de entrega, de la tutoría y de la entrega de la segunda versión.

En la **tabla resumen** en la que se relacionan los diferentes objetivos de aprendizaje incluidos en la competencia general, agrupados según si se trata de contenidos, capacidades o actitudes. Los cuadros en azul claro indican que el objetivo o subcompetencia de la columna correspondiente se trabaja en la actividad de aprendizaje de aquella fila; en el interior del cuadro se indica también con qué metodología podemos evaluar el grado de consecución de este objetivo mediante la actividad concreta. Los objetivos, las actividades de aprendizaje y los métodos de evaluación se expresan de forma abreviada, y en los apartados del texto correspondientes está la descripción completa de todos ellos.

**Tabla resumen. Ser capaz de resolver un problema o una pregunta de ecología a partir de la obtención de datos de campo**

Estrategias de aprendizaje	Objetivos				Capacidades	
	Contenidos		Ecología		Utilizar técnicas de muestreo de campo	Utilizar el método científico
Planteamiento del problema	Memoria		Memoria			
Obtención de los datos de campo					Observación Memoria	
Análisis y discusión de los resultados	Observación					Observación
Redacción de las dos versiones de la memoria	Corrección memoria		Corrección memoria			Corrección memoria
Tutoría en grupo	Examen		Examen			

			Actitudes			
Saber escribir un artículo			Plantear los métodos con rigor	Recogida correcta de datos	Tener curiosidad	Opinar en base a datos
			Observación		Observación	Observación
				Observación	Observación	
					Observación	Observación
	Corrección memoria					
	Examen					Observación

### 3.6. REFLEXIONES FINALES

En este capítulo se ha hecho una propuesta de cómo trabajar y evaluar una competencia muy general, como es: «Ser capaz de resolver un problema o pregunta de Ecología a partir de la obtención de datos de campo.» Así pues, lo que quiere dar a entender la propuesta aquí recogida es que aunque compartimos la idea de que los estudiantes universitarios deben adquirir competencias globales e integradoras, podemos facilitar la tarea del docente universitario si aportamos experiencias que permitan concretar de forma sencilla y evaluable estas competencias generales. A la vez, esta propuesta quería mostrar cómo el hecho de utilizar diversos mecanismos de evaluación es una buena «praxis» para valorar los diferentes aspectos de las competencias, incluso los que tienen que ver con actitudes.



# 4. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EXPERIMENTALES EN EL LABORATORIO INTEGRADO DE BIOTECNOLOGÍA

Pau Ferrer

## 4.1. INTRODUCCIÓN

La práctica de Laboratorio integrado de biotecnología es una asignatura obligatoria de la licenciatura de Biotecnología de la Universitat Autònoma de Barcelona, impartida por primera vez durante el curso académico 2000-2001. Es una práctica con un peso relativamente importante dentro de los estudios de Biotecnología, ya que no forma parte de una asignatura teórica, sino que es una asignatura independiente. Además, diversos aspectos experimentales concretos de la práctica también se tratan por separado en prácticas de otras asignaturas de la licenciatura. Por lo tanto, Laboratorio integrado de biotecnología es una asignatura con un gran componente de **síntesis** y de **interdisciplinariedad**, y no sólo de suma o aportación y aplicación de nuevos conocimientos.

Es una actividad dividida en dos grandes bloques, centrados en las diferentes tecnologías implicadas en el desarrollo de procesos de producción de proteínas recombinantes, como un ejemplo del proceso biotecnológico. Así, la primera parte (parte A) está centrada en la aplicación de técnicas de ingeniería genética (o tecnología del DNA recombinando) para la obtención de un microorganismo productor de la proteína de interés y la aplicación de técnicas de caracterización de proteínas. La segunda parte (parte B) se centra en la aplicación de la ingeniería de bioprocesos, concretamente de procesos de cultivo en biorreactores y procesos de separación (purificación de proteínas).

La parte B, objeto de análisis de este trabajo, se plantea como la resolución práctica de un problema de (re)diseño de un proceso biotecnológico, es decir, de **análisis** y **síntesis** de este proceso.

## 4.2. CONTEXTO DOCENTE

Esta práctica se lleva a cabo dentro del marco de la licenciatura de Biotecnología, en la asignatura de Laboratorio integrado. Se trata de una asignatura troncal de tercer curso y es semestral (se imparte en el segundo semestre).

La asignatura tiene seis créditos (es decir, 60 horas presenciales), distribuidos en dos partes de tres créditos cada una (parte A y parte B). Las prácticas se distribuyen en sesiones diarias de una duración aproximada de cuatro horas.

El número total de alumnos de la asignatura suele oscilar entre los 80 y los 100, que se reparten en cuatro turnos, cada uno con una capacidad máxima de 25 alumnos.

Normalmente, intervienen unos cinco o seis profesores (de los cuales, tres o cuatro intervienen en la parte B). La parte A la imparten profesores de la Facultad de Biociencias de la UAB, mientras la parte B lo imparten profesores de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la UAB. Tanto en la parte A como en la B, en cada turno de prácticas intervienen dos profesores. Ocasionalmente, también colaboran estudiantes de último curso de la licenciatura (que han cursado las prácticas anteriormente) como ayudantes.

El tipo de actividad es la aplicación en el laboratorio de la secuencia básica de etapas que intervienen en el proceso de obtención de un producto biotecnológico. Se trabaja la resolución práctica de un problema de (re)diseño de un proceso biotecnológico, es decir, a partir del análisis del bioproceso realizado experimentalmente en el laboratorio, los alumnos han de proponer mejoras del diseño.

### **4.3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD DOCENTE**

Los objetivos de aprendizaje de esta práctica se pueden reformular según la competencia siguiente:

- Aplicar en el laboratorio la secuencia básica de operaciones o etapas que intervienen en la obtención de un producto biotecnológico, desarrollando el concepto de diseño de su proceso de producción, trabajando en grupo.

Dado que actualmente la UAB está elaborando el nuevo plan de estudios del grado de licenciatura de Biotecnología en el marco del EEES, el análisis y la evaluación de las competencias de la asignatura de Laboratorio integrado realizadas en este estudio nos permiten identificar qué competencias específicas y transversales del nuevo grado de Biotecnología se pueden desarrollar en la asignatura de Laboratorio integrado.

Así, estas prácticas permitirían desarrollar las competencias específicas (CE) siguiente:

- Aplicar las principales técnicas asociadas a la utilización de sistemas biológicos: DNA recombinando y clonación, cultivos celulares, manipulación de virus, bacterias y células animales y vegetales, técnicas inmunológicas, técnicas de microscopía, proteínas recombinantes y métodos de separación y caracterización de biomoléculas.
- Diseñar y ejecutar un protocolo cumplido de obtención y purificación de un producto biotecnológico.

Por otra parte, el conjunto de competencias transversales (CT) que se desarrollan en la práctica y que se pueden identificar en el borrador del nuevo grado de licenciatura en Biotecnología son:

- Interpretar resultados experimentales e identificar elementos consistentes e inconsistentes.
- Diseñar experimentos de continuación para resolver un problema.
- Aplicar recursos informáticos para la comunicación, la búsqueda de información, el tratamiento de datos y el cálculo.
- Razonar de manera crítica.
- Trabajar de manera individual y en equipo.
- Pensar de una manera integrada y abordar los problemas desde perspectivas diferentes.

Estas competencias se alcanzan mediante una serie de objetivos de aprendizaje específicos (o subcompetencias), al ser contextualizados, y se pueden agrupar en conocimientos (saber), capacidades (saber hacer) y actitudes (saber ser y convivir).

#### **a. Conocimientos (saber)**

- Analizar cómo se combinan y se integran la tecnología del DNA recombinando y la química de proteínas con los principios de ingeniería en el diseño de procesos biotecnológicos. Para eso, es necesario integrar los resultados obtenidos en la parte B (centrada en la ingeniería de bioprocesos) con los de la primera parte de la práctica (parte A, centrada en la ingeniería genética y de proteínas) como ejemplificación de la interacción entre etapas que integran un proceso y del impacto de esta interdependencia en su diseño.
- Relacionar e integrar conocimientos aprendidos en las diferentes asignaturas (clases de teoría, problemas de «papel y lápiz», y otras prácticas) que se cursan a la licenciatura en la situación ejemplo (es decir, en el contexto) concreta que se plantea en la práctica.

#### **b. Capacidades (saber hacer)**

- Ser capaz de aplicar las metodologías para la adquisición, el procesamiento y la interpretación cualitativa y cuantitativa de los datos experimentales y extraer información útil/relevante para el análisis y la mejora de un bioproceso. Aplicar el análisis estadístico de probabilidades y de incertidumbre a datos experimentales.
- Partiendo del análisis de los resultados obtenidos en los experimentos llevados a cabo en el laboratorio, de las preguntas guía formuladas en el guión de la práctica, de la bibliografía seleccionada y de los conocimientos adquiridos en otras asignaturas de la licenciatura, dar respuesta a la pregunta central de la práctica. Es necesario que se aplique, a todo esto, el método científico: plantear mejoras de diseño del proceso en aquellas etapas que los alumnos hayan identificado como limitantes (poco eficientes), teniendo en cuenta las interdependencias entre éstas.

- Ser capaz de elaborar un informe escrito que incluya un resumen breve sobre el trabajo realizado y la metodología utilizada, hacer una presentación de datos experimentales de manera adecuada (es decir, que permita extraer información útil para la discusión y la elaboración de hipótesis y conclusiones finales), discutir los resultados en base a las preguntas iniciales y extraer una conclusión final que sintetice esta discusión.
- Desarrollar competencias cognitivas/metodológicas transversales, como la discusión de hipótesis (entre alumnos y entre profesor y alumnos); el rigor a la hora de obtener datos experimentales; la recopilación, la ordenación y el tratamiento de datos experimentales; la presentación de resultados experimentales y su interpretación (formulación de hipótesis basadas en observaciones experimentales).

### c. Actitudes (saber ser)

- Desarrollar competencias transversales como la responsabilidad, el trabajo en equipo, la búsqueda y la selección de información, y la expresión escrita.

## 4.4. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Tal y como se ha mencionado en la descripción del contexto de la práctica, ésta se distribuye en sesiones seguidas de unas cuatro horas por día, aproximadamente. La parte A se desarrolla durante las primeras siete sesiones, y va seguida (sin interrupciones temporales, exceptuando los días festivos) de las siete sesiones de la parte B. Posteriormente, se debe hacer un trabajo autónomo en un grupo centrado en la elaboración del informe o memoria de las prácticas. Tanto durante el proceso de elaboración del informe como después de que el profesor lo haya corregido, los alumnos pueden solicitar una sesión o dos de tutoría presencial.

En la primera sesión de cada parte se hace una introducción de la práctica. Con respecto a la parte B, cabe destacar que durante esta sesión introductoria se hace una presentación del planteamiento general de la práctica, formulada como resolución experimental de un problema, y también de los objetivos de aprendizaje (qué es lo que esperamos) y de cómo serán evaluados.

Los alumnos de un turno de prácticas se dividen en grupos de entre cuatro y cinco personas, supervisados por dos profesores. Los grupos y los profesores se mantienen durante toda la parte B. Tanto la distribución por grupos como los profesores son diferentes con respecto a la parte A de la práctica.

### Procedimiento experimental

Durante los días 1 y hasta el 4, los alumnos preparan un pequeño cultivo del microorganismo productor de la proteína de interés (que previamente han construido en la parte A de la práctica). Este pequeño cultivo, hecho con Erlenmeyer, les sirve para inocular un biorreactor (fermentador) de 1,5 litros de capacidad, que han de poner a punto (preparar el medio de

cultivo, esterilizarlo, adecuarlo y calibrar los diversos elementos de seguimiento y control del cultivo de que dispone el reactor, como los electrodos de pH, oxígeno, bomba de adición de base o ácido). Una vez iniciado el cultivo en el reactor (operado en discontinuo), los alumnos deben hacer un seguimiento de la evolución de sus parámetros principales (crecimiento celular, consumo de sustrato o alimento, acumulación de subproductos del metabolismo celular en el medio de cultivo, estabilidad genética del organismo, y seguimiento de la acumulación del producto en el interior de las células).

Durante los días 5 y 6, los alumnos deben extraer el producto (proteína de interés) a partir de las células recuperadas mediante operaciones de centrifugación, rotura celular y microfiltración, y purificarlo mediante técnicas de cromatografía. En cada etapa del proceso de recuperación y purificación, han de estimar la cantidad de producto que han obtenido, así como el grado de pureza y la actividad biológica.

El último día, se hace una sesión de análisis, de interpretación y de discusión global de los resultados obtenidos, con una pauta de preguntas guía (en el guión de prácticas) para orientar la solución de la pregunta central planteada al inicio de la práctica.

- **Planteamiento de la práctica y diseño de los experimentos.** Durante el primer día de la práctica se plantea la pregunta/problema central: se lleva a cabo un proceso de obtención de una proteína recombinando a escala laboratorio en condiciones de operación subóptimas, o bien utilizando estrategias experimentales que no pueden ser directamente escaladas (aplicadas) a un proceso industrial. Por lo tanto, a partir del **análisis** del proceso implantado en las prácticas, deberán plantearse **mejoras de diseño** en aquellas etapas que se hayan identificado como **limitantes** (poco eficientes), teniendo en cuenta las interdependencias entre sí. Por eso, es necesario que el diseño de experimentos permita dar respuesta a la **pregunta central**. Así, cada grupo hace el experimento bajo **condiciones diferentes**. Por ejemplo, se da la opción de utilizar diferentes fuentes de carbono para el crecimiento microbiano y la producción de proteína recombinando, o diferentes opciones de control de la aeración del biorreactor. De este modo, la realización de un experimento diferente por grupo, variando algún parámetro clave del proceso, permite ilustrar fácilmente cómo se puede incidir sobre el comportamiento de un proceso, así como la importancia del **diseño de experimentos en el proceso de desarrollo y optimización de un proceso biotecnológico**. Por otra parte, permite identificar la interrelación entre las diferentes etapas de desarrollo de un proceso, desde la construcción del organismo productor hasta la estrategia de purificación del producto. Así pues, al realizar los experimentos desarrollamos tanto las capacidades de saber aplicar todo un conjunto de técnicas que, combinadas, permiten obtener un producto biotecnológico, como la activación de conocimientos aprendidos en las diferentes asignaturas de la licenciatura, y las de tipo metodológico (rigor en la recogida de datos experimentales, por ejemplo).
- **Obtención y tratamiento de los datos experimentales en el laboratorio.** Cabe resaltar que se facilita un **espacio de tiempo y herramientas** (ordenadores en el mismo laboratorio, página en el Campus Virtual) para ordenar los datos, presentarlos, interpretarlos y compararlos entre grupos con el fin de facilitar la discusión y la respuesta posterior a la pregunta problema central de la práctica. De esta manera, perseguimos

que el tratamiento de datos se haga en paralelo a la realización del experimento en el laboratorio, en el que los profesores pueden incidir directamente, proporcionando información y haciendo preguntas adicionales para orientar a los alumnos. La experiencia de los últimos años nos permite afirmar que con esta actividad potenciamos la capacidad de saber tratar, analizar e interpretar los resultados experimentales a fin de dar respuesta a la pregunta central que se plantea al iniciar la práctica, es decir, saber aplicar el método científico. Asimismo, se quiere fomentar la autoevaluación (comprobando la consistencia/coherencia de los datos obtenidos y, si es posible, ofreciendo la posibilidad de repetir un ensayo concreto) y el trabajo (solución de problemáticas) en equipo. Creemos que el fomento de la autoevaluación contribuye al desarrollo del sentido de la responsabilidad del alumno.

- **Análisis y discusión final por grupos y general de los resultados.** Tiene lugar el último día de prácticas. Los datos tratados de cada grupo se depositan en el Campus Virtual a fin de que todos los grupos tengan acceso a ellos. Este día, el profesor también explica la estructura que debe tener el informe de la práctica. Esta actividad facilita la elaboración del informe escrito siguiendo unas pautas para la presentación adecuada de datos experimentales, discusión de resultados basándose en las preguntas formuladas y en la bibliografía seleccionada (disponible en el Campus Virtual), y formulación de conclusiones finales que sintetice esta discusión.

## 4.5. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

La evaluación, por lo tanto, se hace a través de tres elementos:

- **Informe escrito de prácticas en grupo** (uno por grupo, elaborado en equipo). El último día de prácticas se explica su estructura y las pautas de elaboración. Tiene una extensión total limitada a unas 20 páginas y un plazo de entrega acotado (un mes). Se corrige y se devuelve a los alumnos. Asimismo, el profesor valora el informe del 1 al 10 de acuerdo con los objetivos de aprendizaje de conocimientos y capacidades mencionados (reflejados en una tabla de puntuación para que sea más fácil valorarlos) y anota las correcciones y propuestas de mejora de la memoria.

Si los alumnos lo piden, se hace una tutoría de una duración aproximada de una hora presencial en grupos pequeños (grupo de trabajo de la práctica) para resolver dudas, tanto durante la elaboración del informe como después de que el profesor lo haya corregido, en ese caso, para resolver las dudas sobre las correcciones.

Cabe destacar que las correcciones hechas por el profesor tienen un carácter formativo importante. Con ellas se pretende que los alumnos identifiquen **los errores y las deficiencias en la presentación y discusión de resultados** (incluidas las propuestas de rediseño del bioproceso) y se dan guías para mejorar. Se insiste a los alumnos que lean y entiendan las correcciones y las propuestas de mejora del informe, ya que en una segunda fase (examen escrito) se incidirá en estos aspectos.

- **Examen escrito individual.** Se hacen una serie de preguntas de refuerzo que inciden en aspectos básicos (según los objetivos de aprendizaje) en los que, particularmente, y de acuerdo con las correcciones de los informes, es más necesario incidir e insistir más para consolidar los conocimientos adquiridos. Los alumnos pueden consultar el guión de prácticas y su informe durante el examen. Por lo tanto, permite también estimar indirectamente la contribución relativa de cada miembro de cada grupo para la elaboración del informe escrito, es decir, facilita la individualización de la evaluación. El examen se hace a final de curso.
- **Valoración de la actitud de los alumnos durante las prácticas y la elaboración del informe.** Se basa en la observación directa de cómo trabajan los estudiantes, individualmente, y en grupo. Aunque es una valoración difícil y presenta cierta subjetividad, se pretende valorar una serie de elementos fácilmente identificables, centrados principalmente en el desarrollo del autoaprendizaje (y responsabilidad). Este último es la capacidad de verificar las acciones realizadas, la preocupación por la calidad de los resultados (por ejemplo: ¿Son coherentes los resultados que he obtenido?, si no lo son, ¿en qué me puedo haber equivocado?, ¿es factible corregir el error durante la práctica, por ejemplo, repitiendo un análisis?), la gestión de la información (la investigación y la utilización de información para la discusión de resultados de las prácticas), la gestión del trabajo en equipo y del tiempo (la puntualidad, el orden y la limpieza de los espacios de trabajo, la distribución de resultados entre equipos de trabajo —Campus Virtual— para posibilitar la comparación y el análisis global de datos experimentales a partir de los cuales se hacen las propuestas de mejora del bioproceso), y la iniciativa y el espíritu emprendedor en los aspectos semiabierto de las prácticas. A fin de poder hacer esta observación, se pide a los alumnos que los datos adquiridos en el laboratorio se traten y se analicen durante la práctica, en el mismo laboratorio, donde se proporcionan ordenadores y donde disponen de «tiempos muertos» para ir introduciendo y tratando los datos según las pautas dadas por los profesores (tanto en el guión como oralmente). Esto facilita mucho la interacción profesor-alumnos y la interacción entre los miembros del equipo de trabajo. Finalmente, algunos experimentos tienen un cierto grado de apertura (por ejemplo, el esquema de operación de la etapa de cromatografía permite algunas variaciones en el protocolo propuesto), lo que permite valorar en cierto grado la iniciativa y la capacidad emprendedora de los alumnos.

Actualmente, los profesores no disponen de una tabla de observación para anotar *in situ* las valoraciones sobre el trabajo de los alumnos en el laboratorio, pero este trabajo contribuirá a construirla.

La combinación de estos tres instrumentos permite evaluar las principales competencias desarrolladas en la asignatura, tal y como se describe en la tabla del final del capítulo.

## Cuantificación de los diferentes elementos de evaluación

- **El informe tiene un peso del 30% en la nota global.** Para corregir el informe, los profesores tienen una tabla de puntuación en la que valoran diversos aspectos de dicho informe.
- **El examen tiene un peso del 60% en la nota global.** La parte B consta de unas cuatro preguntas, en las que se combinan preguntas en las que se debe hacer tratamiento de datos experimentales (cálculos, gráficos...) e interpretarlos, y otras preguntas de redacción corta. El tiempo máximo de duración del examen es de dos horas (además, en la parte A de la práctica se hace un examen independiente de dos horas más de duración). Tal y como se ha dicho anteriormente, los alumnos pueden tener tanto el guión como su informe de prácticas durante el examen de la parte B.
- **La valoración de la actitud de los alumnos tiene un peso del 10% en la nota global.** La nota global de la parte B se valora del 1 al 10. Las partes A y B de las prácticas contribuyen con el mismo peso (50%) a la nota final de la asignatura. Cabe destacar que el peso específico de los tres elementos de evaluación mencionados es el mismo para las dos partes de las prácticas.

## Consignas concretas

El **guión de prácticas** de la parte B, disponible en el Campus Virtual de la asignatura, incluye una descripción detallada de los procedimientos experimentales que es necesario seguir durante la práctica. También incluye tabla modelo para guiar la adquisición de datos experimentales durante la realización de los experimentos (véase un ejemplo en el anexo 3.1.), y para su tratamiento y análisis, con una tabla comparativa de parámetros clave del bioproceso entre grupos de trabajo (véase el anexo 3.2.), elemento básico para resolver la pregunta planteada inicialmente en la práctica, así como preguntas guía para la discusión y la resolución de la pregunta central de la práctica (véase un ejemplo en el anexo 3.3.).

En el **Campus Virtual**, también hay información bibliográfica adicional, tanto de aspectos genéricos (bioseguridad en el laboratorio), como de aspectos específicos, e información sobre el sistema biológico que utilizamos para producir la proteína de interés; hay también dos artículos científicos de revisión relevantes para la discusión de resultados y la resolución de la pregunta central de la práctica. Se hace referencia explícita a estos artículos en las preguntas guía del guión de prácticas y se pide explícitamente que se consideren como fuente de información útil para resolver las preguntas planteadas en la práctica y para hacer las propuestas de (re)diseño del bioproceso.

Además, se recuerda que el Campus Virtual es una herramienta básica para el depósito de los datos experimentales de los diferentes grupos y para facilitar su análisis y su comparación (véase el anexo 3.3.).

Finalmente, al iniciar la parte B de la práctica también se indica a los estudiantes que tienen **disponibilidad de ordenadores en el laboratorio** para recopilar y tratar los datos experimentales *in situ*, a medida que se vayan generando.

**Tabla resumen.** Se relacionan los diferentes objetivos de aprendizaje incluidos en la competencia general y agrupados según si se trata de contenidos, capacidades o actitudes. Los cuadros en azul claro indican que el objetivo o subcompetencia de la columna correspondiente se trabaja en la actividad de aprendizaje de aquella fila. En el interior del cuadro se indica también con qué metodología podemos evaluar el grado de consecución de este objetivo mediante la actividad concreta (informe de prácticas, examen individual, observación/valoración *in situ* de las actividades en el laboratorio). Los objetivos, las actividades de aprendizaje y los métodos de evaluación se expresan de manera abreviada y en los apartados correspondientes del texto se hace una descripción completa de éstos.

**Tabla resumen. Aplicar en el laboratorio la secuencia básica de operaciones o etapas que intervienen en la obtención de un producto biotecnológico, desarrollando el concepto de diseño de su proceso de producción**

Estrategias de aprendizaje	Objetivos		Objetivos	
	Contenidos (saber)		Capacidades (saber hacer)	
	Combinación e integración de las tecnologías implicadas	Conceptos y principios de la biotecnología	Experimentación en el laboratorio; tratamiento, análisis e interpretación de datos experimentales	
Realización de experimentos y adquisición de datos experimentales			Observación informe	
Análisis y discusión de los resultados	Informe examen	Informe examen	Informe examen	
Resolución del problema experimental	Informe	Informe examen		
Redacción del informe	Corrección informe	Corrección informe	Corrección informe	
Tutoría en grupo (voluntaria)				

		<b>Actitudes (saber ser)</b>		
Plantear una propuesta de (re)diseño de un bioproceso	Saber escribir un informe científico-técnico	Rigor en la recogida, recopilación y el tratamiento de datos	Autoaprendizaje: gestión de la información, del trabajo (individual y en grupo) y del tiempo; preocupación por la calidad; tener iniciativa	Formulación y discusión de hipótesis basadas en datos experimentales
		Observación	Observación	
			Informe	Observación informe
Informe examen			Informe	Observación informe
Corrección informe	Corrección informe			
		Observación	Observación	Observación

## 4.6. REFLEXIONES

En este estudio se muestra cómo podemos realizar un análisis de las asignaturas de los planes de estudio actuales en términos de competencias y de su evaluación. Creemos que es un ejercicio útil para replantear y mejorar los objetivos y contenidos de estas asignaturas y, si es necesario, puede ayudar a saber cómo adaptarlos al nuevo contexto del EEES. Por ejemplo:

- En este estudio queda también patente que, aunque las prácticas permiten desarrollar una competencia científica, los instrumentos de evaluación actualmente implantados no permiten evaluar todas las subcompetencias que la constituyen (al menos con el mismo grado de rigor), sobre todo con respecto a las competencias transversales, por lo que creemos que se deberían buscar nuevas herramientas de evaluación.

- Por otra parte, la poca flexibilidad de los horarios actuales de las asignaturas limitan de manera significativa el potencial de prácticas como las de Laboratorio integrado, ya que se condiciona el tipo de experimento que se debe realizar (a menudo se hace en condiciones subóptimas o poco relevantes desde el punto de vista aplicado/profesional). Además, una mayor flexibilización horaria facilitaría un grado de apertura más elevado para los experimentos realizados, es decir, daría más iniciativa al estudiante para que diseñara los experimentos que se deben realizar con el fin de dirigir la pregunta inicial de la práctica.

En conjunto, podemos decir que las subcompetencias desarrolladas en la práctica de Laboratorio integrado pueden encajar en las competencias acordadas para el nuevo plan de estudios del grado de Biotecnología de la UAB. No obstante, en el análisis presentado aquí no hemos hecho ninguna estimación de las horas de trabajo no presenciales de los alumnos y, por eso, no podemos hacer tampoco una estimación precisa de los ECTS que esta asignatura debería tener en el nuevo plan de estudios, ni de la compatibilidad (con respecto al número de créditos) con las otras asignaturas del nuevo plan, ni de las necesidades del profesorado.

# 5. EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS EN UN LABORATORIO DE QUÍMICA

Joan Suades

## 5.1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos básicos del profesorado de Química es acercar la tarea del laboratorio al trabajo real de un profesional de la química. Por este motivo, intentamos que los alumnos afronten los diferentes problemas que pueden surgir durante la tarea en el laboratorio y que, ante las dudas, consulten al profesor. Evitamos que el profesor vaya «relatando» todo lo que tiene que pasar para incentivar su capacidad de observación. Un aspecto clave es el hecho de que todos los profesores implicados consideran que el alumno debe entender en el laboratorio qué es lo que está haciendo y por qué lo hace de esta manera y no de otra. Así, un objetivo esencial es evitar que los alumnos se dediquen a «cocinar» en el laboratorio sin que ni siquiera intenten entender qué están haciendo y por qué.

## 5.2. CONTEXTO

Esta unidad se ha desarrollado en una asignatura del segundo ciclo de la licenciatura de Química y está organizada con la intención de que el estudiante haga las prácticas de la manera más autónoma y reflexiva posible. El laboratorio engloba los contenidos de dos asignaturas: Laboratorio de química inorgánica (cinco créditos) y Ampliación del laboratorio de química inorgánica (cuatro créditos). Consiste en una asignatura experimental de nueve créditos que se dividió en dos por problemas de homologación del plan de estudios vigente. Estos créditos no son ECTS, eso quiere decir que corresponde a 90 horas de docencia, de las cuales aproximadamente unas 80 son de trabajo en el laboratorio. Se aconseja a los estudiantes que esta asignatura se haga en los últimos cursos (el tercero o cuarto año) porque requiere conocimientos de diferentes asignaturas teóricas. El programa consiste en un conjunto de siete prácticas, en las que los alumnos han de demostrar sus competencias para afrontar los problemas que se plantearán. Se les dan unas explicaciones generales básicas para poder abordar las prácticas y ellos mismos deben complementar esta información con documentación original a fin de conseguir la preparación de diferentes sustancias.

Actualmente, esta asignatura está organizada en tres grupos, cada grupo está formado por unos 22-25 alumnos y en el laboratorio hay un profesor responsable y un profesor ayudante, que acostumbra a ser un becario.

Aunque esta asignatura no está estructurada dentro del marco de los nuevos planes de estudio, los métodos de evaluación de los objetivos son perfectamente aplicables a la evaluación de competencias de una asignatura experimental.

### 5.3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD DOCENTE

Como se ha comentado en el apartado anterior, aunque esta asignatura no está organizada en créditos ECTS, los objetivos propuestos son aumentar las competencias de los estudiantes en un laboratorio de química. Lo podríamos resumir en «**entender y gestionar los fenómenos del laboratorio globalmente**» con el fin de **saber hacer** y **saber estar** en el laboratorio. Para poder desarrollar estos conceptos generales en el marco de la evaluación de competencias, se ha escogido el conjunto de competencias más directamente relacionadas con los objetivos de este laboratorio de la propuesta del nuevo plan de estudios. Este planteamiento permite abordar la evaluación de las competencias en base a procedimientos de los cuales se tiene una amplia experiencia y que han sido útiles en la evaluación de objetivos docentes similares.

La propuesta del nuevo plan de estudios del grado de Química en la UAB ya ha sido aprobada por la Junta de Sección y la Junta de Facultad, lo que quiere decir que disponemos de un conjunto de competencias que han sido consensuadas por toda la comunidad universitaria. La relación siguiente muestra una selección de las competencias que coinciden con objetivos que hemos evaluado tradicionalmente en este laboratorio (añadimos la relación tal y como está escrita en la propuesta del nuevo plan de estudios):

- CE1. Demostrar conocimientos y comprensión de conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales de las diferentes áreas de la química.
- CE2. Aplicar estos conocimientos y comprensión a la resolución de problemas de naturaleza cuantitativa o cualitativa en ámbitos familiares y profesionales.
- CE4. Desarrollar trabajos de síntesis y análisis de tipo químico en base a procedimientos previamente establecidos.
- CE5. Manejar instrumentos y material estándares en laboratorios químicos de análisis y síntesis.
- CE6. Interpretar los datos obtenidos mediante medidas experimentales, incluyendo el uso de herramientas informáticas, identificar su significado y relacionarlos con las teorías químicas, físicas o biológicas apropiadas.
- CE7. Manipular con seguridad los productos químicos teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas.
- CE9. Reconocer los términos relativos al ámbito de la química en lengua inglesa y utilizar eficazmente el inglés en forma escrita y oral en su ámbito laboral.
- CT1. Comunicarse de forma oral y escrita en la lengua nativa.
- CT2. Gestionar la organización y planificación de tareas.
- CT3. Resolver problemas y tomar decisiones.
- CT9. Trabajar en equipo y cuidar las relaciones interpersonales de trabajo.

## 5.4. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Estas prácticas implican un trabajo presencial en el laboratorio durante cuatro semanas, cada tarde de 15 h a 19 h. Se hacen sólo dos sesiones teóricas, el primer día y después de dos semanas. Se trabaja en parejas y cada pareja dispone de una programación de las prácticas que deberá hacer durante las cuatro semanas. En función de las prácticas, en el laboratorio hay un 25% o un 50% de los alumnos que hacen simultáneamente la misma práctica. Eso permite organizar el laboratorio para que ellos mismos puedan manipular directamente los aparatos sin tener que hacer cola. Las prácticas consisten esencialmente en la preparación de diferentes tipos de compuestos y en su caracterización posterior para diferentes métodos. En función del tipo de práctica que hacen, las actividades de aprendizaje son bastante variadas. No obstante, podemos considerar las actividades generales siguientes:

- **Lectura y comprensión de lo que debe hacer el alumno** (método de síntesis del compuesto, pruebas complementarias, métodos de caracterización). Esta tarea ha de hacerse sobre documentación original antes de entrar en el laboratorio. Se pone un énfasis especial en el hecho de que los profesionales no disponen de documentación adaptada a sus necesidades. Por este motivo, deben habituarse a trabajar con esta documentación.
- **Organización del trabajo en función del tiempo del que dispone el alumno.** El profesor orienta al alumno, pero éste tiene un margen de maniobra para organizarse el trabajo. Es especialmente importante el ritmo de trabajo, que lo fija el alumno. No ha de correr, porque eso le podría hacer perder muchos detalles relevantes, pero tampoco debe ir excesivamente lento porque no podría alcanzar los objetivos propuestos.
- **Trabajar, observar, entender, anotar.** Es el núcleo central del trabajo en el laboratorio. Uno de los objetivos docentes primordiales es que el alumno intente entender qué está haciendo en el momento en que lo hace. Es esencial que comprenda que si lo entiende *in situ* puede captar mucha más información que si lo entiende *a posteriori*. Un segundo objetivo es que toda esta experiencia que está adquiriendo la sepa reflejar en la libreta de laboratorio.
- **Utilizar correctamente el material de laboratorio.** En asignaturas del primer ciclo se enseña al alumno a manipular correctamente el material de laboratorio. En esta asignatura se pide que demuestre todo lo que ha aprendido y se corrijan los errores en los métodos de trabajo.
- **Manipulación de instrumentos.** Se utilizan diferentes instrumentos para caracterizar los productos que ha sintetizado. En algunos casos, el alumno puede manipular directamente el aparato (espectrofotómetros UV e IR), en otros casos, tiene que ver cómo un técnico lo hace delante de él (RMN, difracción rayos X). Posteriormente, hará el tratamiento de los datos obtenidos.
- **Debate con el profesor.** La última hora de la práctica se hace un debate conjunto entre todos los alumnos que han hecho la misma práctica y el profesor. El objetivo es poner en común todas las experiencias y aclarar las posibles dudas. El profesor evita en este debate «explicar» la práctica. El objetivo es resolver dudas, pero siempre a partir de las preguntas de los alumnos.

- **Evaluación.** Los últimos 45 minutos se dedican a hacer una prueba escrita individual. Las preguntas están orientadas a averiguar aspectos como: (a) si el alumno ha entendido lo que ha hecho, (b) por qué ha trabajado de la manera en que lo ha hecho, (c) si sería capaz de aplicar lo que ha aprendido en un contexto diferente.

## 5.5. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

La evaluación se lleva a cabo mediante tres elementos:

### a. Prueba escrita

Es uno de los instrumentos esenciales del proceso de evaluación. Un aspecto importante es la inmediatez, es decir, es muy recomendable que la prueba se haga cuando el alumno termine la práctica. Esto obliga al alumno a estar en el laboratorio con la máxima atención durante el periodo de prácticas. Además, las preguntas no están relacionadas exclusivamente con los contenidos que han trabajado en otras asignaturas teóricas. Se hacen muchas preguntas relacionadas con aspectos prácticos, que son relevantes para entender lo que se ha hecho en el laboratorio, y que muchas veces son mucho más próximas a la física que a la química. Hacer este tipo de preguntas provoca un efecto sinérgico. Los alumnos, en la práctica siguiente, se fijan mucho más en lo que están haciendo e intentan extraer el máximo de información de sus observaciones. Eso los acerca a la actitud de un profesional y los aleja de la rutina de las prácticas dirigidas.

Con el fin de limitar el tiempo destinado a la prueba escrita, las preguntas son breves y se pide al alumno que las respuestas también lo sean.

Con esta prueba se pueden evaluar las competencias CE1, CE2, CE6, CE7, CT1 y CT3. Seguidamente, se muestra un ejemplo de pregunta utilizado para evaluar cada una de estas competencias, excepto la competencia CT1 (comunicarse de manera oral y escrita), que está implícita en todas las preguntas del examen:

**Pregunta 1 (CE1).** *Escribid la reacción de formación del magnesiano, mostrando la estructura del compuesto. Indicad qué átomos ganan o pierden electrones en esta reacción.*

Esta pregunta está relacionada con conocimientos previos del alumno, que debe aplicar a la síntesis que ha hecho en el laboratorio. Se piden tres cosas muy concretas: la reacción, la estructura del compuesto y cuáles han sido los procesos redox implicados. Aunque es una pregunta que se podría hacer en un curso de teoría, conocer la respuesta es absolutamente imprescindible para poder entender correctamente el método de trabajo en el laboratorio y las propiedades del producto que el alumno ha preparado.

**Pregunta 2 (CE2).** *Proponed un método de preparación de  $\text{Si}(\text{C}_6\text{H}_5)_4$  a partir de vuestro magnesiano. Indicad los aspectos prácticos más significativos de esta preparación (precauciones, orden de adición de los reactivos, cantidades de reactivos, etc.). Suponed que ya sois químicos y tenéis que dar instrucciones concretas a un laborante para preparar este producto.*

Aquí se trata de aplicar todos los conocimientos del alumno (los teóricos y los experimentales que ha adquirido durante el trabajo en el laboratorio) para preparar un producto diferente del que ha hecho en el laboratorio. El procedimiento para preparar este producto es similar al que el alumno ha utilizado, pero debe introducir algunas diferencias. Se valora muy positivamente la capacidad de concreción porque obliga al alumno a priorizar las instrucciones. Es muy importante que el alumno sepa escoger cuáles son las instrucciones básicas para operar correctamente. Esta cuestión valora indirectamente la capacidad del alumno para desarrollar trabajos de síntesis (CE4) y para resolver problemas (CT3).

**Pregunta 3 (CE6).** *Un alumno ha registrado el espectro IR del producto obtenido en la síntesis de la trifenilfosfina y observa que el espectro es muy similar al de un producto de referencia, pero su producto muestra claramente una banda adicional a  $1.180\text{ cm}^{-1}$ . ¿Qué conclusiones puede extraer de este hecho experimental?*

En esta cuestión intentamos evaluar la capacidad del alumno para interpretar datos experimentales y para saber qué información relevante puede extraer de ellos. En este caso se quiere averiguar si el hecho de fijarse en este dato le aporta información sobre la pureza del producto obtenido.

**Pregunta 4 (CE7).** *Suponed que estáis en un laboratorio que dispone de tres recipientes para eliminar residuos (disolventes clorados, disolventes no clorados y disoluciones ácidas). ¿Si tenéis un residuo de tricloruro de fósforo de unos 10 ml, cómo actuaríais para transferirlo a los bidones de residuos?*

Esta cuestión quiere evaluar si el alumno ha comprendido que no se pueden tirar los residuos considerando sólo su composición química, ya que también se deben tener en cuenta sus propiedades. El tricloruro de fósforo es un líquido que reacciona vigorosamente con agua formando ácido clorhídrico; por este motivo, es necesario descomponerlo antes de verterlo al recipiente de residuos. Indirectamente, aquí también se evalúan las competencias CE2 (capacidad de aplicar conocimientos), CT3 (resolver problemas y tomar decisiones) y CE1 (demostrar conocimientos).

**Pregunta 5 (CT3).** *Suponemos que habéis hecho la reacción de síntesis de la trifenilfosfina con las cantidades de reactivos siguientes:*

$C_6H_5Br$ : 31,4 g

Mg: 4,9 g

$PCl_3$ : 13,7 g

*Comentad brevemente si considerarís que trabajar con estas cantidades nos llevaría a un resultado mejor o peor que el que habéis obtenido vosotros en el laboratorio (las cantidades utilizadas por vosotros en el laboratorio son:  $C_6H_5Br$ : 31,4 g; Mg: 4,9 g;  $PCl_3$ : 7,1 g). Razonad brevemente la respuesta.*

Éste es un tipo de pregunta que hemos hecho a menudo en estas prácticas: proponer un cambio en el procedimiento que los alumnos han utilizado en el laboratorio y pedir que razonen si los resultados esperados serían mejores o peores que los que han obtenido. Este tipo de preguntas les inducen a cuestionarse por qué utilizan unas condiciones en lugar de

otras. Esta pregunta incide en la competencia CT3 (resolver problemas y tomar decisiones) y también, indirectamente, en la CE2 (capacidad de aplicar conocimientos), la CE1 (demostrar conocimientos) y la CE4 (capacidad de desarrollar trabajos de síntesis).

#### **b. Tablas de observación**

Son complementarias de las pruebas escritas, pero son fundamentales para una evaluación correcta de las competencias, porque hay algunos aspectos, como las competencias CE5, CE7, CT2 y CT9, que son difíciles de evaluar en las pruebas escritas. En estas tablas se fijan una serie de parámetros que el profesor debe evaluar al final de cada práctica. Como el número de alumnos que están haciendo una misma práctica es reducido (puede oscilar entre seis y doce) y se dispone de un tiempo relativamente largo en cada práctica para poder hacer la valoración (entre dos y cuatro días), es posible disponer al final de la práctica de un criterio bastante contrastado para llevar a cabo la valoración. Seguidamente se muestra un ejemplo de una de estas tablas de observación:

##### **Observación 1.** *¿Ha llegado puntual al laboratorio?*

Se intenta valorar la actitud y el grado de responsabilidad con el compromiso de hacer esta práctica de laboratorio. La puntualidad es básica para desarrollar correctamente el trabajo e incide claramente en el trabajo en equipo (CT9).

##### **Observación 2.** *¿Cuando ha entrado en el laboratorio, se había leído la bibliografía y sabía qué tenía que hacer?*

Evalúa también el nivel de responsabilidad y, como la documentación es en lengua inglesa, incide en la competencia CE9 (reconocer los términos relativos al ámbito de la química en lengua inglesa). Indirectamente, también está relacionada con la competencia CE1 (demostrar conocimientos).

##### **Observación 3.** *¿Durante la práctica ha participado en las discusiones para entender los fenómenos observados?*

Esta observación está directamente relacionada con la competencia CE1 (demostrar conocimientos), la CT1 (comunicarse de forma oral) y la CT9 (trabajo en equipo).

##### **Observación 4.** *¿Utiliza el material de laboratorio de manera correcta?*

Es una observación imprescindible porque intenta valorar la calidad del trabajo en el laboratorio. No es frecuente, pero hay casos de alumnos excelentes en cuanto a comprensión de los fenómenos químicos, pero que después trabajan muy mal en el laboratorio. Se valoran esencialmente las competencias CE5 (uso de instrumentos y material), CE7 (manipulación con seguridad de los productos químicos) e indirectamente la CE4 (desarrollar trabajos de síntesis), porque si no utilizan el material correctamente pueden sintetizar productos adecuadamente.

**Observación 5.** *¿Organiza el trabajo correctamente en función del tiempo de que dispone?*

Incide esencialmente en el ritmo de trabajo (ni excesivamente rápido ni excesivamente lento), pero también en otros aspectos, como organizar correctamente la preparación de los productos y su caracterización. Está directamente relacionada con la competencia CT2 (gestionar la organización y la planificación de tareas).

**Observación 6.** *¿Intenta entender los fenómenos que observa en el laboratorio?*

Es una cuestión clave con respecto al método de trabajo. Está relacionada esencialmente con las competencias CE1 (demostrar conocimientos) y CE2 (aplicar los conocimientos), pero también con la CT3 (resolver problemas y tomar decisiones).

**Observación 7.** *¿Relaciona los fenómenos que observa en el laboratorio con los conocimientos previos y la bibliografía?*

Está muy relacionada con la anterior, pero con un matiz un poco diferente, porque ahora no pone tanto énfasis en la actitud en el laboratorio y se busca más si relaciona lo que ve con lo que hay en la bibliografía. Incide también en las competencias CE1 (demostrar conocimientos), CE2 (aplicar los conocimientos) y CT3 (resolver problemas y tomar decisiones), pero hay más implicación de la competencia CE9 (reconocer los términos relativos al ámbito de la química en lengua inglesa).

**Observación 8.** *¿Deja limpio y arreglado el espacio de trabajo?*

Es una cuestión totalmente metodológica, pero que debe tenerse en cuenta. Está relacionada con la competencia CE5 (uso de instrumentos y material) y CT9 (trabajo en equipo).

Estas ocho observaciones son totalmente generales y aplicables a cualquier práctica. Las tablas se complementan con tres observaciones específicas de cada práctica. Para hacer la propuesta más coherente, seguidamente indicamos las observaciones específicas de la práctica de preparación de la trifenilfosfina, la misma que se ha utilizado como muestra en los ejemplos de las preguntas del examen escrito.

**Observación 9.** *¿Ha actuado correctamente durante la preparación del magnesiano?*

Es una pregunta específica relacionada directamente con las competencias CE5 (uso de instrumentos y material) y CE4 (desarrollar trabajos de síntesis) porque la preparación del magnesiano es una etapa que requiere trabajar con especial cuidado en el laboratorio para obtener los resultados deseados.

**Observación 10.** *¿Ha preparado adecuadamente la pastilla y ha manipulado correctamente el espectrofotómetro IR?*

Esta pregunta específica está relacionada con la competencia CE5 (manipulación de instrumentos y material de laboratorio).

### **Observación 11.** *¿El aspecto de la trifenilfosfina es correcto?*

Es una manera indirecta de evaluar la calidad del trabajo en el laboratorio. La experiencia ha demostrado que el aspecto final del producto (color, grado de cristalino, aspecto del sólido...) se puede relacionar parcialmente con cómo se ha trabajado y especialmente se puede saber si el proceso de cristalización del producto se ha hecho correctamente. Una vez más, valoramos las competencias CE5 (uso de instrumentos y material) y CE4 (desarrollar trabajos de síntesis).

#### **c. Libreta de laboratorio**

Es el último instrumento de valoración. Es un buen elemento, pero es difícil valorar globalmente a todos los estudiantes porque requiere muchas horas de dedicación del profesor. Actualmente se valoran todas las libretas de los alumnos que se encuentran en la zona fronteriza entre dos calificaciones después de aplicar los dos criterios anteriores. Eso hace que los alumnos trabajen su libreta adecuadamente y es un excelente elemento para determinar si un alumno merece una calificación superior o inferior. Se valora esencialmente que la libreta contenga todas las anotaciones complementarias a la información que el alumno tenía antes de hacer la práctica. La libreta debe reflejar la experiencia que ha adquirido el alumno durante las horas que ha estado en el laboratorio. En ningún caso debe ser una simple «traducción» a la lengua del alumno de las informaciones que hay en la documentación en inglés que se le ha entregado.

La **tabla resumen** nos muestra de forma esquemática el conjunto de actividades que el estudiante lleva a cabo en el laboratorio (filas) y las correspondientes competencias que queremos evaluar en esta actividad (columnas). Las casillas nos indican una posible forma de evaluación de cada una de las competencias. Así, se puede ver que la competencia CE5 (manipular instrumentos y materiales) se evalúa esencialmente mediante las tablas de observación del trabajo de los alumnos en el laboratorio. En cambio, la competencia CE6 (interpretar los datos obtenidos) se evalúa también mediante las tablas de observación del profesor, pero en este caso se puede evaluar en la prueba escrita mediante unas preguntas en las que el alumno deberá demostrar que sabe interpretar datos obtenidos en casos similares a los tratados en el laboratorio.

## 5.6. REFLEXIONES

Esta unidad muestra cómo se pueden aplicar los métodos de evaluación desarrollados en el marco de los anteriores planes de estudio en la evaluación de competencias. Es evidente que aunque no se utilizaba el término *competencias*, la aparición el año 1993 de asignaturas que son esencialmente créditos experimentales llevó a un replanteamiento de los objetivos en estas asignaturas. Como son asignaturas experimentales, el alumno forzosamente debe aprender a «saber hacer cosas» además de tener conocimientos. Eso lleva a buscar herramientas de evaluación de la capacidad de saber aplicar los conocimientos teóricos a situaciones prácticas.

Disponer de una relación de competencias es útil porque ayuda al profesor a no dejar de lado aspectos importantes, aunque sean obvios. Un ejemplo claro de este hecho puede ser la competencia CE7 (manipular con seguridad los productos químicos teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas). Es evidente que es una competencia importante, pero que probablemente muchos profesores no la consideraban una parte del programa. Eso quiere decir que, a partir de ahora, será necesario prestar atención a este aspecto y evaluarlo convenientemente. Cabe señalar que eso no quiere decir preguntar «normas de seguridad», porque para poder manipular correctamente los productos químicos es necesario disponer de los conocimientos y aplicarlos correctamente.

Finalmente, es necesario no olvidar que «el sentido común docente» nos dice que hay objetivos muy relevantes que probablemente no quedan reflejados de una manera directa y clara en la relación de competencias definida en el plan de estudios. Un ejemplo puede ser la capacidad de observación y de relacionar los hechos experimentales con los conocimientos teóricos. La capacidad de observación no está explícitamente en la relación de competencias aprobada, pero todos los profesores estaríamos de acuerdo con la idea de que es una competencia importante en un laboratorio. Eso tampoco quiere decir que se haya olvidado, simplemente está incluida de forma indirecta en otras competencias como «desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo o razonar de manera crítica».

**Tabla resumen. Encontrar evidencias y comunicarlas**

	CE1 Demostrar conocimien- tos	CE2 Aplicar estos conocimientos	CE4 Desarrollar trabajos de síntesis	CE5 Manipular instrumentos y material	CE6 Interpretar los datos obtenidos	
Lectura y comprensión de lo que debe hacer el alumno	PE, TO	TO				
Organización del trabajo en función del tiempo						
Trabajar, observar, entender, anotar	PE, TO, LL	PE, TO, LL	PE, TO		PE, LL	
Utilizar correctamente el material de laboratorio			TO	TO		
Manipulación de instrumentos				TO	PE	
Debate con el profesor	TO					

PE = prueba escrita, TO = tabla de observación, LL = libreta de laboratorio

CE7 Manipular con seguridad los productos químicos	CE9 Reconocer los términos relativos al ámbito de la química en lengua inglesa	CT1 Comunicarse de manera oral y escrita	CT2 Gestionar la organización y la planificación de tareas	CT3 Resolver problemas y tomar decisiones	CT9 Trabajar en equipo
	TO				
			TO		TO
PE, TO	TO, LL	PE; LL		PE, TO, LL	
TO					TO
		TO			TO



# 6. EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS EN LA ASIGNATURA DE QUÍMICA BÁSICA. CAMBIO DE PARADIGMA EN LA INTERPRETACIÓN DE UN FENÓMENO

Mercè Izquierdo

## 6.1. INTRODUCCIÓN

La unidad docente que se analiza en este apartado forma parte del programa de la asignatura de Química básica (o Química paso a paso, como también la llamamos), que se ofrece de manera optativa en todas las especialidades de la diplomatura de Maestro de Primaria/Infantil. Las asignaturas optativas de ciencias (Física, Química, Biología, Geología) configuran un itinerario que proporciona una cierta especialización al perfil esencialmente generalista de la titulación. Las competencias que deben desarrollar los maestros que estudian estas asignaturas se relacionan con su futura tarea educativa del pensamiento científico en los niveles escolares básicos.

De manera coherente con las finalidades de los estudios de Maestro, que han de introducir el pensamiento abstracto, científico, a los niños a partir de hechos que les resulten significativos, procedemos en un orden diferente de lo que es habitual en la enseñanza de la química. Seleccionamos cambios químicos en los que los estudiantes pueden intervenir experimentalmente, que tienen un impacto social y en la vida personal de hoy y que, al mismo tiempo, permiten introducir los conceptos químicos mediante un proceso de «modelización», en el cual hacer-pensar-comunicar permita dar significado al fenómeno. Los temas del programa se escogen de manera que permitan, al mismo tiempo, tratar los conceptos más básicos de la química y poder explicar, con ellos, fenómenos químicos de la vida cotidiana.

La evaluación por competencias proporciona estrategias metacognitivas de progresión que dejan libertad al alumnado para buscar y elaborar información, para actuar experimentalmente en fenómenos caseros y para resolver problemas relacionados con las dificultades conceptuales que deben superar y que se les ofrecen en una web de la asignatura. En la evaluación de la asignatura se da importancia a la autoevaluación que forma parte de la competencia «aprender a aprender». En concreto, esta evaluación se hace a partir de las actividades de clase, del portafolio que preparan los alumnos y de un trabajo experimental individual que se hace a final de curso y que los alumnos escogen a partir de una lista que se les presenta.

## 6.2. CONTEXTO DOCENTE

El reto principal de la asignatura de Química básica es que los estudiantes puedan aplicar los conceptos y las maneras de trabajar propias de la química en los fenómenos que se estudian en los niveles educativos de primaria e infantil; y este reto lo tenemos que conseguir en muy poco tiempo, en unas 30 horas de clase. Resulta difícil, tanto para los alumnos que ya han estudiado química en bachillerato como para los que no han estudiado química desde la ESO. La química en el bachillerato se presenta de manera teórica, sustituyendo las sustancias reales por fórmulas; y los alumnos que sólo han hecho química en la ESO tienen sólo algunas nociones de este mismo bagaje teórico. El enfoque que proponemos es útil para todos los estudiantes, aunque su formación previa sea diferente. Se pone el énfasis en el cambio químico y en las preguntas fundamentales que plantea, que son las que han dado lugar a los principios y conceptos propios de la química: la desaparición y la aparición de sustancias en el cambio químico, la conservación de los elementos identificados en átomos con masa, las proporciones fijas en la reacción y el mol, la conservación de la energía... Las teorías químicas se introducen cuando son necesarias, para reforzar las intervenciones experimentales y explicar las regularidades que se observan. Los alumnos han de captar la singularidad del cambio químico en relación con otros cambios que conocen y deben situarse en la perspectiva de los químicos, los cuales se han interesado por identificar, controlar y diseñar cambios químicos y al mismo tiempo han buscado los principios que los explican.

La unidad docente que presentamos, *¿Se puede transformar la madera en carbón?* se dedica a la carbonización y combustión de la madera y de otros materiales orgánicos. Consta de cuatro sesiones que se estructuran según un ciclo de aprendizaje: una sesión experimental que se introduce con una narración que ha de generar preguntas (etapa de exploración), dos sesiones de clase con discusión (introducción de los conceptos), una sesión de construcción de una maqueta con la que los alumnos tienen que representar o interpretar los cambios que se han producido en los materiales y explicar el fenómeno que se estudia, la pirólisis de la madera (etapa de estructuración de los nuevos conocimientos). Finalmente, aplican los conocimientos adquiridos a otros fenómenos que no han sido estudiados de manera explícita en clase, escribiendo una carta al destinatario que ellos escogen. En la carta deben explicar la experiencia, a lo largo de las cuatro sesiones, que les ha permitido interpretar la carbonización de diversos materiales y, también, la combustión de la madera (las llamas en un hogar de fuego), justificando que se trata de un cambio químico, y las relaciones que se pueden establecer con otros cambios similares (etapa de aplicación de los conocimientos).

La asistencia a clase es obligatoria y los alumnos deben disculparse si no pueden asistir.

## 6.3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD DOCENTE

### *¿Se puede transformar la madera en carbón?*

Se pretende introducir los conceptos básicos de la química: elemento, diferenciado de sustancia simple; las proporciones de masa para identificar/introducir el concepto de mol, la identificación de las sustancias por sus propiedades (reconociendo que muchas son invisibles); la conservación de la energía en las reacciones exotérmicas y en las

endotérmicas. Todos estos conceptos hacen que un hecho «ejemplar» (la «carbonera»), que los alumnos conocen parcialmente, llegue a ser interpretado de manera teórica a lo largo de las sesiones docentes previstas y se convierta en un ejemplo de Cambio Químico.

Las competencias específicas y las competencias transversales de la Facultad y las que se prevén en el futuro grado de Maestro de Primaria/Infantil (y según los módulos establecidos en la Orden ministerial ECI/3857/2007) a cuya adquisición puede contribuir la unidad docente que analizamos son:

- E-1 Revisar los modelos clave de las ciencias con el fin de interpretar hechos de la vida cotidiana y de aplicarlos a la explicación de fenómenos similares que tienen lugar en contextos diversos.
- E-3 Aumentar el nivel de reflexión sobre el proceso de aprendizaje científico.
- E-4 Comprender los marcos teóricos que posibilitan el desarrollo de acciones responsables y sostenibles.
- MP 25 Comprender los principios básicos y las leyes fundamentales de las ciencias experimentales.
- MP 27 Plantear y resolver problemas asociados a las ciencias en la vida cotidiana.
- TF 3 Trabajar en equipo y con equipos.
- TF 8 Mantener una actitud de respeto hacia el medio natural, social y cultural.

Con respecto a los conocimientos, los estudiantes deben saber aplicar los conceptos de elemento y sustancia simple y compuesta; comprender las características de los átomos químicos, especialmente desde un punto de vista cuantitativo: el mol; relacionar las estructuras de las sustancias y sus propiedades; desarrollar una visión patógena de la química, con el concepto de estructura molecular. Con ello, tienen que dar significado a los principales tipos de cambios químicos con los que se inicia el curso: las combustiones y la transformación que se produce al calentar las sustancias orgánicas.

Como podemos comprobar fácilmente, la «competencia» que trabajamos está formada por elementos de todas las otras competencias que se exponen aquí: se trabaja en un contexto (la carbonera, la barbacoa, el hogar de fuego, las velas), se introducen unos conocimientos determinados que podemos formular recurriendo a determinados verbos, unas actitudes propias del conocimiento científico (atención a la experimentación vinculada a un modelo teórico) y de la emergencia de conocimiento en general, y unas capacidades que son propias de las ciencias, aunque también se pueden aplicar a otros conocimientos. Estas capacidades (según Martín Díaz, Niedo y Cañas, 2008) son: identificación de cuestiones científicas, explicación científica de los fenómenos, utilización de pruebas científicas.

A partir de estas consideraciones, y haciendo un esfuerzo para formular la competencia de la manera más globalizada posible, consideramos que, en esta unidad docente, desarrollamos y evaluamos la competencia de la explicación científica de los fenómenos: el dominio del pensamiento abstracto químico gracias al cual se pueden relacionar fenómenos, intervenir en ellos y controlarlos con la ayuda de instrumentos y artefactos, y la

capacidad de discutir dichos fenómenos entre iguales y de explicarlos y representarlos para poder explicárselos a otras personas.

Delors (1999) considera que una «acción competencia» debe tener cuatro dimensiones: un conocimiento, un saber hacer, ser y convivir. Creemos que las dos primeras ya se dan habitualmente y están previstas en los programas de ciencias, que siempre procuran tener un aspecto práctico; pero las otras dos dimensiones, que requieren el compromiso de los estudiantes en el aprendizaje y la colaboración entre ellos, deben introducirse con actividades de aprendizaje diseñadas con esta finalidad: que los alumnos intervengan con autonomía y se impliquen en los aprendizajes; son estas actividades las que permiten transformar los objetivos cognitivos que siempre han formado parte de la programación de la asignatura en «competencias». Lo veremos cuando comentemos la tabla.

## 6.4. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Todas las clases se imparten en el laboratorio y siempre consisten en una actividad experimental presentada como un problema, en el que se ha de intervenir de diversas maneras: modificando el lenguaje (introduciendo nuevas palabras, nuevos símbolos), aprendiendo nuevas manipulaciones (las «reglas del juego» de la química), representando el fenómeno en términos de átomos, moléculas y estructuras.

Se parte de la pregunta: *¿Se puede transformar la madera en carbón?* Los alumnos calientan serrín, que han pesado previamente, e interpretan la aparición de carbón y de otros productos, la disminución de masa del sólido que queda en el tubo y las regularidades en los procesos y medidas de todos los grupos. Buscan información sobre la madera, el proceso de pirólisis y las combustiones. Explican todo ello mediante una maqueta que representa la estructura interna de la madera (han de imaginarse cómo se estructura la madera, por qué se conserva la masa y la energía en un cambio químico) y deben poder responder las preguntas experimentales que se les hacen y relacionar este hecho con otros hechos parecidos (una tostada que nos olvidamos en el tostador, los restos en un bosque que se ha quemado...) o que parecen parecidos, pero que no lo son. La maqueta permite desarrollar el pensamiento abstracto analógico, relacionar hechos y explicar cómo se controla el cambio (que no se quema la madera, por ejemplo).

Los alumnos trabajan en grupos de cuatro, en la tarea experimental y en la construcción de la maqueta, y también hacen trabajo individual (lectura y resolución de los problemas).

Con el fin de analizar la unidad desde la perspectiva de las competencias que alcanzan los estudiantes nos fijamos en las actividades que deben llevar a cabo y, al mismo tiempo, identificamos los aprendizajes que de ellas se derivan. Procuramos hacerlo desde la perspectiva de la evaluación metacognitiva: apropiación de los objetivos de la actividad, planificación de los procesos y anticipación de los resultados, utilización de bases de orientación que se convierten en herramientas para la autoevaluación. Con todo esto, comprometemos a los estudiantes en los aprendizajes y les ayudamos a «aprender a aprender», lo cual es imprescindible en personas que se han de dedicar profesionalmente a la educación.

Las actividades son las siguientes (como podemos ver, algunas de las actividades son al mismo tiempo actividades de evaluación formadora o metacognitiva):

- **Lectura individual de un texto** sobre la obtención tradicional de carbón en las carboneras en el Montseny, aprovechando que en algunos lugares se instalan estas carboneras para recordar actividades artesanales antiguas. Deben extraer las ideas principales y conectarlas con experiencias previas. Con la lectura se contextualiza el experimento que se realizará a continuación en un escenario docente, haciendo un experimento de cátedra: se calienta un poco de serrín con un mechero de Bunsen en un tubo de cristal. Se hacen comentarios en un grupo grande sobre las «carboneras» y también sobre la combustión de la madera. En esta conversación se van configurando los objetivos de la unidad docente, objetivos que los *estudiantes deberán hacer suyos*. A continuación, los alumnos tienen que diseñar un montaje para obtener más informaciones sobre este proceso.
- **Trabajo de grupo:** los alumnos deben diseñar un montaje que permita recoger los productos de la reacción y razonar la eficacia de cada uno de sus elementos. Hacen un dibujo esquemático de la propuesta y evalúan la conveniencia de llevarlo a la práctica y los resultados que esperan (*anticipar el proceso*).
- **Realización de la práctica:** los estudiantes preparan el montaje. Calientan serrín que han pesado previamente, obtienen diversos productos e identifican algunos que quedan en el tubo: agua, gases no combustibles, gases solubles en agua de carácter ácido, aceites y carbón. Utilizan como *base de orientación* las preguntas siguientes: qué tengo, qué hago, qué pasa, por qué pasa. Estas preguntas las responden de manera cíclica, lo que da lugar a un documento escrito que se evalúa una vez finalizada la unidad (es decir, se puede reponer tantas veces como sea necesario). Se discuten los resultados y se destacan las regularidades (cualitativas y cuantitativas). Se relaciona la actividad con el trabajo de los carboneros del Montseny, que hace pocos años era muy importante desde un punto de vista económico. Los estudiantes *elaboran la v heurística*, que se convierte en un instrumento de aprendizaje y de evaluación al mismo tiempo.
- **Elaboración de una maqueta por grupos**, como apoyo de la explicación del fenómeno de la carbonización, que representa los componentes de la madera y pone en evidencia que la pirólisis es un cambio químico. Es necesario hacer ver y poder explicar, con esta maqueta, la conservación de los elementos, las relaciones de masa, la conservación de la energía y el control que se debe tener para que la madera no se queme.
- Los alumnos de cada grupo **presentan su maqueta** y *explican* qué ha pasado a los otros grupos, oralmente. Responden las preguntas que los compañeros o los profesores les hacen. Las más relevantes se refieren a la relación entre este fenómeno y la combustión, y a la identificación de otros fenómenos similares que conocen (por ejemplo, cuando se olvidan pan en el tostador; la madera que quema con llamas, donde se produce al mismo tiempo pirólisis y combustión; o la combustión del carbón en una barbacoa, sin llamas y con formación de cenizas). Deben argumentar correctamente.

- En casa, los alumnos **escriben individualmente** una carta a alguna persona que han de caracterizar (el hermano pequeño, la abuela, un amigo, una amiga...) donde describen la actividad y *justifican* los fenómenos que han estudiado y la manera de controlarlos, argumentando los diferentes obstáculos que se pueden encontrar. En el documento han de utilizar correctamente los siguientes términos: sustancia simple y compuesta, elemento, átomo y enlace. Deben referirse a la interacción entre sustancias en proporciones fijas y a la conservación de la masa y de la energía en el cambio químico.

## 6.5. INSTRUMENTOS Y ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

Utilizamos instrumentos de evaluación formadora a lo largo de toda la unidad, que ayudan a los estudiantes a adquirir los conocimientos previstos y a regular su proceso de aprendizaje. Son los siguientes: una pauta de lectura, una base de orientación para el trabajo experimental (las preguntas encadenadas: ¿qué tengo?, ¿qué hago?, ¿qué pasa?, ¿por qué pasa?) y para la argumentación (p. 39), la *v* heurística (p. 38). Podemos incluir también en este bloque los problemas de resolución voluntaria y de discusión abierta entre los alumnos, en la web ([www.av.uab/química](http://www.av.uab/química)).

En la evaluación de la unidad se utilizan los instrumentos siguientes: una pauta de observación del trabajo experimental y de la participación en la discusión en grupo (PTAI, figura 6); el uso de la maqueta para explicar y para responder preguntas (problemas); el texto argumentativo que presentan los alumnos como resultado de la explicación con la maqueta; la carta que escriben, donde deben seleccionar todo aquello que consideran relevante con relación a la respuesta de la pregunta inicial, *¿Se puede convertir la madera en carbón?*

Los resultados se valoran de la manera siguiente:

- El texto argumentativo debe tener, como mínimo, un hecho, unos datos, un nudo argumentativo (pros y contras) y una conclusión. A partir de este mínimo, hay tres niveles más de calidad: la fundamentación de los datos, la calidad de los datos y del nudo argumentativo, y la justificación de las fundamentaciones.
- La **carta** se evalúa teniendo en cuenta los aspectos siguientes, que se ponderan del 1 al 4, y que nos ofrecen un «perfil» para cada alumno y también, si es necesario, una nota.
  - a. Completitud: hay un número suficiente de razones o causas.
  - b. Pertenencia: las causas seleccionadas son adecuadas (no hay errores conceptuales).
  - c. Precisión del lenguaje: utiliza las palabras adecuadas.
  - d. Verdad/Aplicabilidad: se relaciona el fenómeno con sus aplicaciones, con sentido crítico.
  - e. Organización del texto: hay una introducción, un desarrollo y una conclusión.

- El PTAI es una pauta de observación del trabajo experimental que nos proporciona información sobre la actividad en el laboratorio, que debe alcanzar un mínimo, y por debajo de la cual el alumno debería suspender.
- La maqueta y las explicaciones que se derivan de ella se ponderan según los aspectos siguientes:
  - a. Argumentaciones, relación entre los hechos y la teoría.
  - b. Control de cambios.
  - c. Capacidad de prever nuevos fenómenos.
  - d. Aspectos retóricos, comparación con otros fenómenos.

A cada uno se le da una nota del 1 al 5, y se hace la media. Si hay un error conceptual grave, el alumno deberá repetir el trabajo.

**Figura 6. PTAI. Inventario de resultados de laboratorio (Tamir, 1991)**

- 1.0. Planificación y diseño
  - 1.1. Formula una pregunta o define un problema que se debe investigar.
  - 1.2. Predice resultados experimentales.
  - 1.3. Formula hipótesis.
  - 1.4. Diseña un método de observación o medida.
  - 1.5. Diseña un experimento.
  - 1.6. Prepara el aparato necesario.
  
- 2.0. Realización
  - 2.1. Hace observaciones y medidas.
  - 2.2. Utiliza aparatos, inventa técnicas.
  - 2.3. Consigna resultados, dibuja, describe las observaciones.
  - 2.4. Hace cálculos numéricos.
  - 2.5. Explica la técnica experimental.
  - 2.6. Trabaja según la planificación.
  - 2.7. Supera obstáculos.
  - 2.8. Cooperera con los otros.
  - 2.9. Mantiene el laboratorio arreglado.
  
- 3.0. Análisis e interpretación
  - 3.1. Recoge los resultados de los formularios normalizados.
  - 3.2. Interrelaciona, interpreta datos, extrae conclusiones.
  - 3.3. Determina la exactitud de los datos experimentales.
  - 3.4. Define o examina las limitaciones y/o las suposiciones inherentes al experimento.
  - 3.5. Formula o propone una generalización o un modelo.
  - 3.6. Explica los hallazgos de la investigación y las interrelaciones que en ella se establecen.
  - 3.7. Formula nuevas preguntas o define un problema basándose en los resultados de la investigación.
  
- 4.0. Aplicación
  - 4.1. Hace predicciones basándose en los resultados de esta investigación.
  - 4.2. Formula hipótesis basándose en los resultados de esta investigación.
  - 4.3. Aplica técnicas experimentales al nuevo problema o variable.
  - 4.4. Sugiere ideas o maneras de continuar la investigación.

La **tabla resumen** que presentamos a continuación permite visualizar la integración entre el saber y el hacer propios de la disciplina (cuyos aspectos aparecen en las filas) y el ser y el estar que los estudiantes deben aportar con su participación consciente y motivada en las actividades que se han diseñado (en las columnas). En los cruces confluyen las cuatro dimensiones y es esta confluencia la que evaluamos, si disponemos de la herramienta necesaria. Para simplificar, hemos situado en el los cruces el instrumento que consideramos que permite evaluar alguno de los aspectos más finos de la competencia general que se quiere desarrollar con esta actividad, que es proporcionar una explicación científica de un fenómenos cotidiano y poder comunicarla de manera eficaz a diferentes audiencias con intención educativa.

Los aspectos cognitivos que se han seleccionado concretan el contenido de las competencias de los grados y son los siguientes: 1. Relacionar hechos y relacionar informaciones; 2. Utilizar instrumentos para controlar los cambios; 3. Imaginar entidades, resolver dudas (enigmas); 4. Interpretar indicios (relación entre hechos y teoría); 5. Argumentar, explicar; 6. Formular y responder preguntas.

Los aspectos personales y sociales que se trabajan en las actividades propuestas son: 1. Expresarse por escrito para hacerse entender; 2. Adquirir información a partir de narraciones y aplicar las ciencias a las profesiones; 3. Elaborar recursos materiales (una maqueta) para aprender y para explicar; 4. Trabajar de forma cooperativa en el laboratorio para experimentar y para construir artefactos; 5. Expresarse oralmente y hacer preguntas.

**Tabla resumen. El dominio del pensamiento abstracto químico con el que poder relacionar fenómenos, intervenir en ellos y controlarlos con la ayuda de instrumentos y artefactos y la discusión con iguales; y poder representarlos para hacer que los otros los entiendan**

Proporcionar una explicación científica a los fenómenos cotidianos						
	Relación entre hechos e informaciones	Control y uso de instrumentos	Explicar e imaginar entidades	Interpretar indicios	Argumentar	Formular y responder preguntas
1			Carta		Pautas de escritura	Web
2	Pautas de lectura					
3	Explicación de la maqueta	Cambios de la maqueta	Carta		Argumentación	
4	Hacer preguntas	PTAI Montaje V de Gowin Base de orientación		PTAI		
5			Organizar el grupo	Juego de rol	Juego de rol «carbonera»	Comentar artículos de periódico

## 6.6. REFLEXIONES FINALES

El objetivo de la unidad es introducir el pensamiento químico de manera que resulte útil para interpretar el mundo cotidiano. La tarea realizada nos ha permitido identificar mejor sus componentes, entre los cuales estaban los que podían ser evaluados porque se enseñaban y se disponía de instrumentos adecuados.

Hemos visto que la competencia que se espera que los estudiantes hayan adquirido, formulada de manera más detallada, es el *dominio del pensamiento abstracto químico con el cual poder relacionar fenómenos, intervenir en ellos y controlarlos con la ayuda de instrumentos y artefactos y la discusión con iguales; y poder representarlos para hacer que otros los entiendan*. También hemos advertido que podemos reinterpretar las subcompetencias que aparecen en los documentos oficiales como los componentes de esta competencia global, que son:

- Revisar los modelos clave de las ciencias a fin de interpretar hechos de la vida cotidiana y aplicarlos a la explicación de fenómenos similares que tienen lugar en contextos diversos.
- Aumentar el nivel de reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje científico.
- Comprender los marcos teóricos que posibilitan el desarrollo de acciones responsables y sostenibles.
- Comprender los principios básicos y las leyes fundamentales de las ciencias experimentales.
- Plantear y resolver problemas asociados a las ciencias en la vida cotidiana.
- Trabajar en equipo y con equipos.
- Mantener una actitud de respeto con el medio natural, social y cultural.

En el examen final se puede recuperar el aprendizaje que se adquirió con unidad con preguntas como las siguientes:

*En un encuentro de amigos en el campo se enciende la chimenea y se asa carne en la barbacoa. Se comenta que es difícil encontrar un deshollinador y que por eso al vecino se le encendió la chimenea hace unos cuantos días. Alguien comenta que le llama la atención que el carbón de la barbacoa no haga llamas, como lo hace la madera cuando se quema, aunque la madera se va convirtiendo en carbón.*

- a. *¿Qué relación hay entre las llamas del hogar de fuego y el peligro de incendio de la chimenea?*
- b. *¿Qué relación hay entre la madera y el carbón?*
- c. *¿Por qué no hay llamas cuando se quema el carbón?*



# 7. ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS EN LA TITULACIÓN DE BIOLOGÍA DE LA UPF

Mar Carrió Llach

## 7.1. CONTEXTO

El aprendizaje basado en problemas en los estudios de Biología de la UPF es una actividad colectiva de toda la titulación. Se introdujo en el curso 2003-2004 con motivo del proyecto piloto de adaptación de la titulación de Biología al modelo de Bolonia. Se lleva a cabo durante los cuatro cursos de los estudios de Biología, como una actividad integradora de las asignaturas del curso. Una parte de la docencia de cada una de las asignaturas (20%) se imparte a través de estas actividades. Todo el profesorado está implicado y está dirigida por un grupo de trabajo que se creó para coordinar y dar apoyo al profesorado en la introducción de la nueva actividad.

## 7.2. OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD

Todos los objetivos de aprendizaje que se pretenden alcanzar en esta actividad se pueden agrupar en la competencia siguiente:

Ser capaz de identificar y resolver problemas complejos de la biología que implican relacionar diferentes áreas de conocimiento.

- Desarrollar la capacidad de resolver problemas complejos e interdisciplinarios. Identificar las disciplinas desde las cuales se puede afrontar un problema.
- Formular buenas preguntas que conduzcan a posibles soluciones. Identificar los conocimientos necesarios para resolver un problema.
- Dar respuesta a las preguntas formuladas basándose en evidencias.
- Relacionar e integrar conocimientos aprendidos en las diferentes asignaturas que se cursan durante los estudios de Biología en situaciones contextualizadas.
- Desarrollar competencias transversales, como la expresión oral y escrita, el trabajo en equipo y la búsqueda crítica de información.

## Descripción de la actividad

Los alumnos se dividen en grupos de entre ocho y diez personas, que son supervisados por un tutor. Los grupos se mantienen durante cada curso académico y los tutores suelen ser diferentes para cada problema. Los miembros del grupo tienen tareas rotatorias durante el curso, como coordinadores y editores.

La actividad es interdisciplinaria y, por lo tanto, los problemas planteados siempre tienen objetivos de aprendizaje de diversas asignaturas. Los casos se presentan contextualizados en situaciones reales muy diversas y eso hace que generalmente sean problemas complejos, que no presentan una única solución. Los contextos que se plantean son muy diversos, e incluyen casos de investigación en un laboratorio, noticias relacionadas con la biología, situaciones problemáticas en un contexto cotidiano, casos clínicos, etc. En el anexo 4.1. podemos ver uno de los problemas de primer curso de Biología, que incluye contenidos de botánica y bioquímica, y en el que se presenta una situación cotidiana, en un formato teatral.

Durante el curso, los estudiantes deberán resolver nueve problemas. El proceso de resolución de cada problema dura entre dos o tres semanas, excepto en aquellos casos en los que la resolución implica hacer una parte experimental; entonces se adapta a las necesidades específicas de la actividad. Cada semana, los grupos se reúnen dos veces durante dos horas, una con tutor y otra sin tutor.

La dinámica de las sesiones es la siguiente:

Para cada problema, los estudiantes deben hacer un trabajo de grupo. Durante el primer curso hacen un informe de cierre del problema muy pautado, en el que han de explicar el análisis del caso, la estrategia de resolución, el desarrollo y las conclusiones (más adelante lo describimos todo con más detalle). A partir del segundo curso, hacen diferentes tipos de trabajos, en función de cada problema: exposiciones orales, artículos de investigación, artículos de revisión, exámenes orales de grupo, protocolos, etc.

Sesiones	Tutoría	Dinámica de las sesiones
Sesión 1	Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Leer y debatir el caso.</li> <li>■ Identificar los aspectos relevantes del caso. Formular preguntas y hacer una lista de los objetivos de aprendizaje.</li> <li>■ Hacer un plan de trabajo.</li> </ul>
Sesión 2	No	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Poner en común la investigación que se ha hecho individualmente e intentar responder las preguntas formuladas.</li> </ul>
Sesión 3	Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Debatir con el tutor las estrategias de resolución del problema y aclarar dudas conceptuales o de la investigación bibliográfica.</li> <li>■ Profundizar sobre la segunda parte del problema.</li> <li>■ Formular nuevas preguntas e identificar nuevos objetivos de aprendizaje. Hacer un plan de trabajo.</li> </ul>
Sesión 4	No	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Poner en común la nueva investigación que se ha hecho individualmente e intentar responder las nuevas preguntas formuladas.</li> </ul>
Sesión 5	Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Debatir con el tutor la resolución final del problema y hacer un repaso de todo aquello que se ha aprendido durante la resolución del problema.</li> </ul>
Sesión 6	No	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Preparación del trabajo de grupo.</li> </ul>
Sesión 7	Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sesión plenaria que se realiza después de la entrega y de la evaluación del trabajo para comentar cómo han resuelto el problema los diferentes grupos y hacer un cierre del caso.</li> </ul>

### 7.3. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

#### Primer curso

Trabajo de grupo: informe de cierre de un caso

Trabajo individual: análisis individual de un caso

#### Segundo curso

Trabajo de grupo: informe de cierre de un caso, presentaciones orales

Trabajo individual: análisis individual de un caso

#### Tercer curso

Trabajo de grupo: redacción de un artículo de investigación, presentaciones orales

Trabajo individual: análisis individual de un caso, manipulación en el laboratorio (pautas de observación)

## Cuarto curso

Trabajo de grupo: redacción de un artículo de revisión, examen oral, presentaciones orales  
Trabajo individual: análisis individual de un caso

### A lo largo de los estudios

Al finalizar los estudios se debe presentar un portafolio

Los estudiantes reciben unas pautas para elaborar todos los trabajos que se hacen en el transcurso de esta actividad. Durante los primeros cursos, estas pautas son mucho más guiadas y cerradas, y en los últimos cursos, más abiertas. También se los proporcionan unas pautas sobre cómo serán evaluados, de manera que los propios alumnos puedan autoevaluarse.

#### a. Informe de cierre de un caso

##### Pautas para elaborar el informe de cierre de un caso

Durante el primer curso y parte del segundo, los estudiantes elaboran un informe de cierre de un caso para cada uno de los problemas que trabajan.

El objetivo de este informe es explicar de forma breve cuáles han sido los objetivos de aprendizaje que se han identificado en el proceso de resolución del problema y cómo se ha resuelto el problema.

Las pautas que se dan para hacer este informe son las siguientes:

*El informe de cierre debe tener una extensión máxima de 15 páginas y debe contener las siguientes partes:*

- **Carátula:** hoja en la que se ha de incluir el título y el número del ABP, el grupo, el curso y el año académico (una página).
- **Índice:** lista de los apartados del informe, en la que se han de especificar las páginas correspondientes.
- **Documento de aceptación:** cada miembro del grupo debe firmar una hoja manifestando que ha participado en la redacción, que ha leído el documento y que está de acuerdo con su contenido (aproximadamente una página).
- **Hoja de distribución de tareas:** hoja en la que se deben especificar las tareas que ha desarrollado cada miembro del grupo en cada una de las partes del informe. Por ejemplo, hay que concretar quién ha sido el coordinador del grupo, el editor, la información que ha buscado cada persona, etc. (aproximadamente una página).
- **Presentación:** explicación breve de cuál es la situación que se plantea y qué importancia tiene resolverla (aproximadamente media página).

- **Desarrollo:** exposición de cómo se ha enfocado el caso y qué estrategia de resolución se ha seguido (aproximadamente una página).
  - Designar las ideas fundamentales que se han identificado en el caso planteado y los conceptos básicos que deben saberse para poder resolverlo.
  - Indicar las preguntas que se han planteado en las sesiones de tutoría y de grupo y/o las hipótesis que se han propuesto.
  - Explicar la planificación que se ha hecho para resolver el problema: listar todos aquellos temas que deben estudiarse para entender bien el caso y seleccionar el material que se ha de buscar.
  
- **Análisis:** explicar brevemente los diferentes datos que se han utilizado para analizar la situación problemática, ya sean conocimientos teóricos, resultados experimentales, cálculos de datos, etc. (máximo seis páginas).
 

El material que se presenta en el análisis es el que se debe utilizar para argumentar las conclusiones finales. Así pues, solamente debe mencionarse la información que se ha utilizado para discutir el problema, no toda la que se haya consultado durante el ABP.
  
- **Conclusión:** dar una explicación bien argumentada de las preguntas que plantea el problema y de las que han salido en las sesiones de discusión. Por eso, deberán relacionarse los diferentes conceptos teóricos que se han trabajado y deberán saberse utilizar en el contexto del problema. También se han de describir las conclusiones a las que se ha llegado sobre el problema durante las sesiones de ABP (máximo dos páginas).
  
- **Bibliografía:** (aproximadamente una página). Dentro de este apartado están los dos subapartados siguientes:
  - Bibliografía utilizada:
    - Las citas deberán incluirse en el texto y deberán citarse según las normas de Vancouver.
    - Si se han utilizado artículos de revisión o de investigación, deberán anexarse en el trabajo.
  - Búsqueda crítica de información: explicar de manera breve y concisa los siguientes aspectos relacionados con la búsqueda crítica de información.
    - Explicar la estrategia de búsqueda que se ha utilizado.
    - Describir los criterios que se han utilizado para evaluar la bibliografía seleccionada (utilizar la pauta de evaluación de las fuentes de información).
    - Indicar la bibliografía desestimada y justificar por qué se ha desestimado (utilizar la pauta de evaluación de las fuentes de información).
    - Indicar cuál ha sido la fuente de información más relevante para hacer el trabajo (artículo, capítulo de un libro, página web, etc.).

**Tabla 5. Pautas para la corrección del informe**

Subcompetencias	Criterios	Puntuación
Definición del problema ( <i>presentación</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Identificar el problema y exponerlo de manera sintética y clara</li> <li>■ Identificar los conceptos que se necesitan para resolver el problema</li> </ul>	0,1
Identificación de los conceptos básicos y planificación de la resolución del problema ( <i>desarrollo</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Buena organización, distribución equitativa de tareas en el grupo (véase la tabla de distribución de tareas de los alumnos)</li> </ul>	
Contenidos teóricos utilizados para la resolución del problema ( <i>análisis</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Calidad y profundidad de los contenidos</li> <li>■ Claridad en la presentación de los contenidos</li> <li>■ Integración de los contenidos de las diferentes asignaturas</li> </ul>	0,2
Analizar la información recogida ( <i>análisis</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Presentar los datos de manera sintética y ordenada</li> <li>■ Coherencia entre los datos encontrados y las conclusiones finales</li> <li>■ Interpretar correctamente los datos experimentales</li> </ul>	0,1
Argumentación de la respuesta ( <i>conclusiones</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Dar una respuesta al problema planteado de manera clara y concisa</li> <li>■ Aplicar los conocimientos que se han aprendido durante las sesiones del ABP</li> <li>■ Razonamiento crítico</li> </ul>	0,1
Presentación del trabajo Búsqueda bibliográfica	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Buena redacción y corrección lingüística, uso del lenguaje científico</li> <li>■ Buena presentación formal del informe</li> <li>■ Cumplir las pautas descritas para el informe de grupo</li> <li>■ Criterios utilizados en la búsqueda de información (pauta)</li> <li>■ Uso correcto de las fuentes de información</li> </ul>	0,1

## **b. Presentaciones orales**

Algunos de los problemas se cierran con una presentación oral de los miembros del grupo. En la comunicación, los estudiantes han de explicar cómo han trabajado el caso y qué contenidos han aprendido durante el proceso de resolución del mismo.

En este caso, las pautas que se les da son bastante abiertas; se les pide que presenten todos los temas que han trabajado en una exposición de 15 minutos y que ésta vaya acompañada con un PowerPoint. Todos los miembros del grupo deben estar preparados para hacer la presentación, ya que el día antes de hacerla se sortea quién será el portavoz del grupo.

Una vez acabada la presentación, los evaluadores hacen preguntas sobre el trabajo realizado a todos los miembros del grupo y se discute sobre el cierre del caso y el trabajo hecho.

En la evaluación se tienen en cuenta el proceso de resolución del caso, la calidad de los contenidos, la estructura de los contenidos en la presentación, la gestión del tiempo y el soporte gráfico utilizado.

### **c. Redacción de artículos científicos**

En los problemas que se resuelven experimentalmente (tercer y cuarto curso) se pide a los estudiantes que escriban un artículo de investigación comunicando sus resultados y su contribución a la comunidad científica. Una vez han acabado la actividad (el trabajo experimental, el análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio y la discusión de las conclusiones con el tutor), cada grupo debe escribir un artículo, tal y como lo tendrán que hacer en un futuro aquellos estudiantes que se dediquen a la investigación biomédica.

Las pautas que se les da siguen la normativa real de una revista especializada.

Se han establecido unos criterios de evaluación, en los que se valoran positivamente los aspectos siguientes:

- Que el título sea corto y representativo de los resultados obtenidos.
- Que el resumen sea concreto e indique los principales resultados y las conclusiones.
- Que la descripción de los materiales y métodos sea concisa hasta el punto que permita reproducir los experimentos.
- Que las figuras estén bien diseñadas y sean claras.
- Que los resultados de los experimentos estén bien descritos y sean comprensibles.
- Que las conclusiones no sean una enumeración de los resultados, sino el comentario de los aspectos más innovadores o más controvertidos de los mismos y de sus implicaciones.
- Que la bibliografía sea adecuada y se base en las aseveraciones hechas.

### **d. Redacción de artículos de revisión**

En otros casos, en los que los estudiantes deben hacer una búsqueda bibliográfica sobre el estado actual de un tema determinado, se pide a los alumnos que escriban artículos de revisión. La escritura de textos destinados a explicar un tema específico es una herramienta que se utiliza con frecuencia tanto en el ámbito de la investigación como en otras actividades profesionales relacionadas con la biología. Por esta razón, se considera necesario que los estudiantes empiecen a familiarizarse con el procedimiento y con las dificultades de este tipo de redacción. Las pautas que se les da para escribir este tipo de artículos también están de acuerdo con la normativa real de una revista especializada en el ámbito de conocimiento que corresponde.

Los criterios de evaluación establecidos tienen igualmente en cuenta los aspectos de contenido y los de forma (cabe recordar que los contenidos también son evaluados en los exámenes tradicionales):

Aspectos de contenido:

- Calidad de la información aportada
- Claridad en la presentación de los contenidos

Aspectos formales:

- Adaptación del trabajo a la normativa editorial de la revista
- Calidad de redacción
- Elaboración de bibliografía

#### **e. Análisis individual de un caso**

Al finalizar el trimestre, los estudiantes hacen un ejercicio de análisis de un caso contextualizado. A veces se les pide que identifiquen preguntas, formulen hipótesis, que den una explicación al fenómeno que describe el caso o bien que tomen una decisión de acuerdo con los conocimientos y los datos que tienen.

##### ***Ejemplo del análisis de un caso***

Identifica cuatro preguntas de botánica en el texto siguiente y explica brevemente una en función de los conocimientos que tienes de la asignatura.

*Durante el mes de febrero de 1547, una carabela española sale rumbo a Flandes. La travesía tenía que durar más de un mes. Durante la carga de la nave el capitán indica al jefe de cocina: «Almacene los sacos de manzanas al lado de los de patatas, lejos de las luces de gas, se conservarán mejor las patatas. Tenga cuidado con las manzanas, suba al comedor las que estén maduras, son más nutritivas, y si hay alguna podrida tírela rápidamente a la basura. Almacene tres sacos de trigo en un lugar seco, los guardaremos para hacer pan, y conserve otro en el lugar más frío y húmedo de la bodega, los ingleses quieren estas semillas para cultivar su propio trigo y poder hacer la cosecha este verano».*

#### **f. El portafolio**

El portafolio del estudiante es una recopilación de información y documentación representativa de un proceso de aprendizaje. Se trata de un instrumento de formación que incluye el análisis y la reflexión sobre la actuación que se ha hecho y el diseño de planes de mejora, elementos básicos que capacitan para el autoaprendizaje y la formación continuada en el futuro profesional.

Es a la vez un instrumento de acreditación, ya que permite al que aprende mostrar qué ha aprendido y cómo lo ha aprendido, de una manera muy personal y completa, documentándolo con material representativo.

Durante los cinco años de los estudios de Biología de la UPF, los estudiantes deben elaborar un portafolio de cuatro competencias transversales:

- Comunicación oral ante un auditorio
- Comunicación escrita
- Búsqueda de información y uso de las nuevas tecnologías
- Trabajo en equipo

### ***¿Cómo se estructura el portafolio del estudiante?***

- El portafolio se estructura en cuatro partes, una por cada competencia. En cada apartado hay dos partes:
- Un informe escrito de una página sobre la experiencia vivida en cada competencia durante los años de la carrera. En él debe constar:
  - Qué se ha aprendido y cómo se ha aprendido. Hace referencia a los aspectos concretos de cada competencia aprendida durante estos años (en la universidad y/o fuera de ésta) y a la actividad o actividades que han facilitado este aprendizaje.
  - Los puntos fuertes o aspectos que han sido más adquiridos de cada competencia.
  - Los intentos de mejora practicados. Las mejoras se planifican en las diferentes reuniones con el tutor del portafolio. Cuando se planifica la mejora es bueno prever cómo se puede documentar.
- En una segunda parte del informe, se debe aportar material representativo para documentar las afirmaciones hechas en el informe de cada competencia. Se deben relacionar los puntos fuertes y las mejoras referidas con el material representativo que lo constata. Este material puede estar en formato papel, puede ser una grabación de vídeo o cualquier otra evidencia que el alumnado considere oportuna.

### ***¿Quién colabora en la elaboración del portafolio?***

Cada estudiante tiene un tutor, que está a su disposición en la elaboración del portafolio y que supervisa su trabajo.

### ***¿Quién evalúa el portafolio y cómo?***

El portafolio lo evalúan las personas responsables del proyecto (Oficina de Coordinación y Evaluación Académica). Hay dos calificaciones posibles:

- Superado: el portafolio se presenta el día establecido y está completo, con todos los apartados que se pedían y con los mínimos requeridos.
- No superado: si no se presenta el portafolio el día establecido o si éste no alcanza los mínimos requeridos.

## **Contingencia en la nota de los diferentes tipos de evaluación**

La evaluación de la actividad de ABP es conjunta para todas las asignaturas y representa el 10% de todas y cada una de las asignaturas del trimestre.

Para cada problema, los alumnos son evaluados de dos maneras:

- Trabajo de grupo (informe de cierre de un caso, presentaciones orales, elaboración de artículos, exámenes orales, etc.): 60%.
- Análisis individual de un caso: 40%.

Aparte del trabajo y del análisis, a través del portafolio se evalúa a los alumnos de manera cualitativa y se evalúa también cómo han ido mejorando en las competencias transversales a lo largo de los cuatro cursos de la titulación. Las competencias transversales que se acreditan son:

- Expresión oral.
- Expresión escrita.
- Trabajo de grupo.
- Uso de las nuevas tecnologías y búsqueda crítica de información.

**Tabla resumen.** En la primera fila de la tabla se recogen los objetivos de aprendizaje (que consideramos «elementos de la competencia») y en la primera columna se presenta una lista de las actividades que hacen los estudiantes. En los cruces especificamos los instrumentos que han permitido evaluar los diferentes elementos de la competencia; estos instrumentos son también, en muchos casos, instrumentos de aprendizaje.

## 7.4. REFLEXIONES FINALES

La evaluación es una de las áreas que presenta más dificultad en el ABP, ya que se pretende evaluar la capacidad de identificar y resolver problemas complejos que implica relacionar diferentes áreas de conocimiento en grupo, pero también la capacidad de dirigir el propio aprendizaje y adquirir conocimientos de manera autónoma.

Por eso, creemos que en la evaluación del ABP es muy importante combinar un sistema de evaluación grupal con uno individual. En nuestro caso, se ha optado por utilizar la elaboración de trabajos de carácter profesional para la evaluación grupal y el análisis de un caso contextualizado para la evaluación individual, en los que los estudiantes deben demostrar tanto los conocimientos adquiridos en la actividad, como la capacidad de transferir estos conocimientos en diferentes contextos. Además, los conocimientos que se adquieren a través del ABP también son evaluados en las evaluaciones sumatorias de las diferentes asignaturas.

Por otra parte, la experiencia de utilizar el portafolio para la evaluación de las competencias transversales ha sido muy positiva y consideramos que es un instrumento muy adecuado para dar apoyo a su desarrollo, ya que ayuda a reflexionar sobre la evolución personal en una competencia determinada con la intención de mejorarla y porque se adquieren herramientas para el autoaprendizaje. Al mismo tiempo, el portafolio también permite acreditar, a través de documentos representativos, el grado de adquisición de la competencia en cuestión.

**Tabla resumen. Ser capaz de identificar y resolver problemas complejos de la biología que implican relacionar diferentes áreas de conocimiento**

	Relacionar teorías con contextos reales	Adquisición contenidos teóricos	Formular preguntas	Formular hipótesis	Analizar datos	
Sesiones de tutoría	X	X	X	X	X	
Estudio individual		X E / EC			X	
Sesiones de trabajo de grupo	X	X	X	X	X	
Elaboración de informe	X		X E / PE	X E / PE	X E / PE	
Elaboración de artículos de revisión	X					
Elaboración de artículos de investigación	X				X E / PE	
Presentaciones orales	X					
Examen oral	X					
Análisis de un caso	X EC	X EC	X EC	X EC	X EC	

E = evaluación

P = portafolio

PE = pautas de evaluación de los trabajos

BCI = pauta de búsqueda crítica de información

EC = exámenes convencionales (PEM y ensayo)

EC = evaluación del análisis de un caso

Sintetizar	Argumentar	Expresión oral	Expresión escrita	Trabajo en equipo	Búsqueda crítica de información	Gestión del tiempo
	X	X E/P		X		X
X					X	X
X	X	X		X E/P	X	X E/P
X E/PE	X E/PE		X E/PE/P		X E/BCI	X
X E/PE			X E/PE/P		X E/BCI	X
X E/PE	X E/PE		X E/PE/P		X E/BCI	X
X E/PE	X E/PE	X E/P			X E/BCI	X E/PE
X E/PE	X E/PE	X E/PE/P			X E/BCI	X
X EC	X EC					



# 8. EVALUACIÓN DE LA COMPETENCIA EN EL USO DEL LENGUAJE DE LAS MATEMÁTICAS

Jaume Moncasi

## 8.1. INTRODUCCIÓN

Muchos estudiantes de primer curso de titulaciones de ciencias y de ingenierías a menudo perciben las matemáticas como una materia de dificultad insuperable y la abandonan al cabo de pocas semanas después de haber empezado el curso. Las causas son diversas y motivo de debate en las titulaciones. Probablemente, la primera, aunque seguramente no la más importante, es la diferencia de lenguaje expositivo con respecto a la enseñanza secundaria. El lenguaje en el que se expresa la teoría matemática es muy específico, propio de la disciplina, en la que los términos quieren decir exactamente aquello que dice su definición. Partimos del hecho de que el estudiante, al empezar el curso, está preparado para manipular algebraicamente expresiones simbólicas, pero debe aprender a leer y a interpretar correctamente los enunciados matemáticos, con demostraciones, o no, según los objetivos de la titulación, y, en un segundo paso, debe expresar de manera apropiada sus razonamientos. Teniendo en cuenta las particularidades de cada titulación, éste tendría que ser un objetivo de los primeros cursos y, por lo tanto, evaluable.

En las titulaciones donde las matemáticas tienen un papel vehicular es necesario conseguir que el estudiante analice e interprete el sentido de las fórmulas y las expresiones, las ponga a prueba en casos concretos y se dé cuenta de qué manera le pueden ayudar a hacer predicciones. Se trata de no «saltarse» la parte matemática de los textos científicos, sino, al contrario, de saberla leer e interpretar, y de utilizar el lenguaje para expresar con precisión los argumentos propios. Para leer e interpretar no es necesario conocer todas las demostraciones, seguramente con algunas, las más formativas o las que aporten herramientas para trabajar en casos prácticos, es suficiente, pero debería evitarse convertir el curso en un simple recetario, lo que sólo llevaría a un uso rutinario de las matemáticas.

Para el estudiante de la titulación de Matemáticas, en cambio, el dominio del lenguaje, entendido también como la utilización correcta de argumentos lógicos, es una cuestión esencial, de oficio, que debe afrontarse desde el primer momento. En el nuevo grado de Matemáticas de la UAB, esta competencia se ha asignado especialmente en la asignatura de Fundamentos de matemáticas, que es la que trataremos aquí.

## 8.2. CONTEXTO DOCENTE

La asignatura de Fundamentos de matemáticas es una asignatura del nuevo título de grado de Matemáticas de la UAB, que ha empezado este curso 2008-2009. Es una asignatura obligatoria del primer cuatrimestre del primer curso, de nueve créditos ECTS. Empieza con 10 horas semanales de docencia presencial durante cinco semanas (cinco horas de teoría, tres de problemas y dos de seminario), con el fin de que los alumnos adquieran los conceptos básicos que se utilizan en todas las otras materias. El resto del cuatrimestre, la presencia pasa a ser de cuatro horas semanales (dos de teoría, una de problemas y una de seminario).

## 8.3. OBJETIVOS

Además de trabajar para que el alumno adquiera los conocimientos de contenido (esencialmente, lenguaje de conjuntos y aplicaciones, conjuntos infinitos, aritmética de enteros y de polinomios), en la asignatura se trabajan también algunas de las competencias del nuevo título de grado. Entre las competencias generales se incluyen:

- G4: capacidad de transmitir conocimientos, procedimientos, resultados e ideas matemáticas.
- G5: desarrollo de habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con autonomía.

Y entre las subcompetencias específicas:

- E1: comprender y utilizar el lenguaje matemático.
- E2: identificar las ideas esenciales de las demostraciones de algunos teoremas básicos y saberlas adaptar para obtener otros resultados.
- E4: calcular y reproducir determinadas rutinas y procesos matemáticos con agilidad.
- E6: formular hipótesis e imaginar estrategias para confirmarlas o rechazarlas.
- E7: distinguir en un problema o situación lo que hay de sustancial de lo que sólo es circunstancial.
- E10: demostrar una capacidad elevada de abstracción.
- E11: demostrar de manera activa una preocupación elevada por la calidad cuando se argumenten o expongan las conclusiones de los trabajos.
- E12: trabajar en equipo.
- E13: aplicar espíritu crítico y rigor para validar o rechazar argumentos propios o de otros.

Aunque estas competencias se trabajarán durante todo el grado, en el primer curso debe prestarse especial atención a las subcompetencias E1, E2 y E4 porque de su adquisición dependerá en gran parte el posterior progreso. La diferencia entre el método de trabajo de las matemáticas en las aulas de secundaria donde el alumno sobre todo calcula y «hace», y el método expositivo de los cursos de teoría del grado, que requiere entender, razonar y explicar, provoca a menudo desorientación e inseguridad en alumnos que habían destacado en las asignaturas de matemáticas anteriores. La actividad de tutoría que se describe a continuación es una actividad de titulación, ya que se hace en todas las asignaturas de primer curso del grado de Matemáticas de la UAB y va dirigida a estudiantes que empiezan el grado.

## **8.4. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

Discutir, corregir y criticar el trabajo, en definitiva, hablar con el alumno es la herramienta de aprendizaje más eficaz de una materia teórica. Una práctica útil para conseguir que el estudiante se atreva a pensar y a escribir ejercicios es que los entregue y que se haga una entrevista posterior para hablar sobre algunos de éstos. El alumno, individualmente o en grupo, entrega los ejercicios y se queda una copia para preparar la entrevista, que proporciona la oportunidad de explicar y corregir aquello que ha pensado y ha escrito. De esta manera, el lenguaje se convierte en más familiar y adquiere contenido, y ayuda a superar las primeras dificultades. Naturalmente, el tipo de ejercicios que se propone al alumno depende del momento del curso. En la asignatura de Fundamentos de matemáticas (como en todas las de primer curso), el alumno hace dos entregas de cuatro o cinco ejercicios cada una durante el cuatrimestre, la primero individualmente, y la segundo, en grupo. En la primero, como decíamos antes, incidimos sobre todo en las cuestiones de lenguaje, de argumentación lógica, de uso correcto de los símbolos matemáticos, mientras que en la segundo, los ejercicios son de contenido más específico y se requiere más imaginación para resolverlos. La corrección del ejercicio delante del alumno permite discutir con él sus argumentos y dejar patente todo aquello que consideramos importante para una buena exposición.

A modo de ejemplo, en la primera entrega de la asignatura de Fundamentos de las matemáticas, tratamos sobre los puntos siguientes:

### **a. Ejercicios de inducción matemática**

Se trata de entender cómo utilizar el método de inducción en demostraciones, imitando los ejemplos que se han hecho en la teoría.

### **b. Ejercicios sobre conjuntos y aplicaciones**

Se trata de utilizar correctamente el lenguaje de conjuntos y de aplicaciones: sentido correcto de las implicaciones, relaciones de pertenencia y contenido, distinción entre aplicaciones inyectivas y exhaustivas, etc. Proponemos enunciados y el alumno ha de decidir si son ciertos o falsos y demostrarlo, aprendiendo el sentido de un contraejemplo (por

ejemplo: ¿la imagen de una intersección de conjuntos para una aplicación es la intersección de las imágenes? o ¿la antiimagen de una unión de conjuntos para una aplicación es la unión de las antiimágenes?).

### **c. Ejercicios sobre permutaciones**

El concepto de correspondencia biyectiva para comparar conjuntos, de composición de aplicaciones y de orden y transformaciones cíclicas se trabaja a través de ejercicios en los que el alumno debe adaptar los resultados de teoría (por ejemplo: resolver ecuaciones con potencias de permutaciones que se deben discutir según los posibles órdenes de las permutaciones).

### **d. Ejercicios sobre relaciones de equivalencia y conjunto cociente**

La idea de clasificar objetos según una propiedad e identificar todos los que pertenecen a la misma clase se trabaja en casos concretos. Entender el conjunto cociente requiere una cierta capacidad de abstracción, que es difícil para el estudiante que empieza (por ejemplo: a partir de una relación de equivalencia concreta, se pide que se definan aplicaciones del conjunto cociente a otro conjunto, y que se argumente especialmente si la aplicación está bien definida).

## **8.5. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN**

Los instrumentos de evaluación son el texto entregado por el alumno y la entrevista con el profesor sobre éste. Con respecto a la calificación de la asignatura, la nota obtenida con estas dos prácticas representa el 25% de la nota total.

Algunos de los aspectos que tenemos en cuenta durante la tutoría son:

#### ■ Comprensión de enunciados matemáticos.

Como decíamos en la introducción, cuando se cursa esta asignatura suele ser la primera vez que el alumno ha de enfrentarse a la comprensión de enunciados escritos en el lenguaje habitual de las matemáticas y, seguramente, es la primera dificultad con la que se encuentra. Durante la tutoría averiguamos si ha entendido correctamente el enunciado (cuál es la pregunta, cuáles son las condiciones...) y también si ha entendido los enunciados de teoría que utiliza en la resolución de los ejercicios.

#### ■ Resolución de los ejercicios

Miramos, además de si los ejercicios están bien resueltos, si se han distinguido las ideas esenciales en la solución que se propone y si la expresión (uso de la notación matemática, orden lógico en la exposición de los argumentos) es correcta.

## 8.6. REFLEXIONES FINALES

En los puntos anteriores hemos hablado de las competencias del título de grado de Matemáticas de la UAB que se trabajan en la asignatura de Fundamentos de matemáticas. Algunas son competencias básicas para el aprendizaje y la comunicación, como la competencia E1 —comprender y utilizar el lenguaje matemático—, otras son parte de la formación, de aquello que podríamos decir el oficio, y requieren más tiempo y más asignaturas, como por ejemplo la E6 —formular hipótesis e imaginar estrategias para confirmarlas o rechazarlas—, o la E7 —demostrar una capacidad elevada de abstracción.

Sin embargo, la evaluación de las competencias debe hacerse dentro de los contenidos y en el contexto del curso. El objetivo es que el alumno «aprenda» la teoría y «resuelva» problemas. No sirve de nada que un problema esté bien escrito si está mal resuelto: evaluaremos positivamente que esté matemáticamente bien escrito siempre que el problema esté bien resuelto. Aunque no está formulado en forma de competencia, la correcta expresión matemática siempre se ha exigido y buscado en los cursos de la titulación de Matemáticas, pero sólo tiene sentido evaluar este aspecto en el contexto de lo que se ha aprendido. Aprender a trabajar en grupo seguramente será interesante para la actividad profesional que desarrollará el graduado, pero no es un objetivo esencial de un curso de matemáticas.

Establecer competencias ha de servir para trabajar los contenidos científicos buscando, además del saber, el saber hacer, los componentes que se refieren a la actividad de los estudiantes y a su capacidad de reflexionar sobre lo que hacen, con las sesiones de tutoría.

**Tabla resumen. El uso del lenguaje de matemáticas**

	G4	E1	E2	E4
Capacidad de entender enunciados		Texto/ Entrevista		
Comunicación escrita	Texto	Texto		Texto
Comunicación oral		Entrevista		
Autoevaluación: análisis y revisión				
Trabajo en grupo (si se ha trabajado en grupo)				
Debate con el profesor		Entrevista	Entrevista	

	E6	E7	E10	E11	E12	E13
	Texto/ Entrevista					
	Texto		Texto			
				Texto/ Entrevista	Entrevista	
		Entrevista				Entrevista



# 9. EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS EN INFORMÁTICA: ESTUDIO Y RESOLUCIÓN DE UN CASO SOBRE FUNDAMENTOS DE COMPUTADORES

Dolores Rexachs

## 9.1. INTRODUCCIÓN

En muchos planes de estudio de matemáticas y ciencias encontramos las asignaturas Introducción a la informática, o Informática, pero es importante tener en cuenta que es necesario contextualizar la asignatura en cada grado.

Esta asignatura normalmente incorpora un bloque dedicado a analizar los fundamentos de los computadores.

Uno de los objetivos del profesor es motivar a los estudiantes para una materia que no ven propia de sus estudios, de manera que comprendan que les será útil. La actividad que se presenta está relacionada con los dos primeros temas que permiten tener una visión global de conceptos generales de los sistemas de cómputo y de los problemas que se plantean para la representación de la información en soporte digital. Es importante que el estudiante sepa cómo escoger y aplicar la mejor solución para cada tipo de problema o ámbito.

## 9.2. CONTEXTO DOCENTE

Esta propuesta se puede llevar a cabo en el marco de la asignatura de Introducción a la informática. Se trata de una asignatura de primer curso de entre 3,5 créditos (licenciatura de Ciencias ambientales) y 12 créditos (licenciatura de Matemáticas). El número de alumnos es muy variable según la titulación, y los profesores que intervienen pueden ser aproximadamente dos o tres, que se responsabilizan de la parte teórica, de la parte práctica o de las dos.

La función que tiene esta asignatura dentro de la titulación es la de que el alumno conozca el funcionamiento del computador, el software relacionado con el uso del computador que se utiliza en la titulación. En las titulaciones que tienen más créditos, también se hace una introducción a la programación.

Las características de la unidad docente son: introducción al funcionamiento del computador, tipo de computadores, representación de la información en el computador (datos numéricos, texto alfanumérico, gráficos, imágenes, sonido, vídeo). Y los tipos de actividad que se realizan son las introductorias y sirven para facilitar que el alumno conozca el funcionamiento del computador, cómo representa la información y cuáles son los componentes fundamentales que influyen en las prestaciones y en el coste.

Las prácticas se llevan a cabo en un aula de informática y se propone a los alumnos que trabajen en grupo (dos o tres estudiantes, en función de los recursos). Estas prácticas ofrecen al alumno la posibilidad de desarrollar una actividad que refleje sus competencias, aptitudes y conocimientos. Para el desarrollo y la evaluación de las prácticas se presenta toda una metodología con el objetivo de que los alumnos sean capaces de exponer lo que han aprendido. Los alumnos disponen de un portafolio de prácticas en el que se recogen todas las actividades prácticas que deben hacer, con la descripción de los objetivos, el número de sesiones previstas, el material disponible y cuál debe ser el contenido de las entregas. Una vez acabadas las prácticas, los estudiantes hacen una exposición del trabajo realizado (presentación del problema, análisis, metodología del trabajo del grupo de prácticas, desarrollo, resultados obtenidos), que se discute en el aula, y preparan el portafolio final.

### **9.3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD DOCENTE**

El objetivo de este tema introductorio es que el estudiante tenga criterios para conocer los principios de los computadores y pueda evaluar las diferencias y su influencia en los costes y en las prestaciones. Como objetivos de aprendizaje concretos destacan:

- Analizar el tipo de información necesaria para seleccionar un computador, teniendo en cuenta unos criterios adecuados a su uso.
  - Adquirir conocimientos básicos de funcionamiento de los computadores y de la programación y utilizarlos como criterio para seleccionarlos. Diferenciar los diferentes tipos de computadores
  - Analizar la información comercial de sistemas de cómputo e intentar relacionarlos con los conceptos estudiados en la teoría. Identificar qué significa la información que nos dan, qué información adicional nos hace falta y cómo influye en las prestaciones y en el coste.
- Analizar la representación de los diferentes tipos de información que se utiliza en el computador, identificar cuáles son las necesidades principales en el contexto, y cómo influyen los requisitos de representación de la información que se utiliza.
  - Analizar los procesos de digitalización de la información, cómo procesarla y qué capacidad de almacenaje requiere.
  - Identificar, diferenciar y aplicar las diferentes alternativas de representación de información que utiliza el computador, en función de la naturaleza de los datos que necesitan procesarse y almacenarse.

La competencia que se espera que los estudiantes hayan adquirido realizando las actividades propuestas en la unidad docente es:

Tomar decisiones fundamentales y saber explicarlas.

La clase de problemas se basa en la realización de ejercicios de búsqueda, análisis y comprensión de la información (trabajo individual) y en el estudio de casos (trabajo en grupo).

La actividad propuesta se enmarca en las clases de problemas de los dos primeros temas. Se dedican tres sesiones de aula. Se parte de un trabajo previo de los estudiantes. Se les proporciona un portafolio con toda la información: enunciado, metodología, organización de las sesiones, documentos que deben entregarse (incluye formatos y plantillas), planificación, criterios de evaluación y bibliografía.

- El objetivo de los ejercicios y de las fichas es que el alumno trabaje individualmente e integre los conceptos teóricos mediante la realización de problemas que trabajan aspectos concretos y que el alumno conozca también el mercado actual de los computadores y los dispositivos periféricos utilizados en su contexto de trabajo.
- El objetivo del estudio de casos es que el alumno trabaje en grupo, profundice el conocimiento de los computadores y los dispositivos periféricos utilizados en su campo de trabajo, y que trabaje los criterios para seleccionar los componentes y los dispositivos informáticos más adecuados en función de los requisitos de cada aplicación, teniendo en cuenta cómo influyen en el coste y en las prestaciones.

La metodología para hacer estos ejercicios es que el trabajo individual se lleva a cabo fuera del aula, como un proceso de aprendizaje dirigido, y el trabajo de grupo, en el aula.

## **9.4. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

Como actividad de aprendizaje se ha seleccionado el estudio de casos, un método de aprendizaje sobre una situación compleja. Se basa en comprender la situación mencionada a través de la descripción y el análisis de la situación, que se toma como conjunto y dentro de su contexto.

Para cada caso, el estudiante debe hacer un trabajo individual y un trabajo en grupo.

Se propone al grupo un caso concreto, relacionado con el primer bloque temático. Se le plantea la necesidad de seleccionar un sistema de cómputo para trabajar en un entorno concreto relacionado con la actividad profesional y que requiere un determinado tipo de información (datos numéricos para cómputo, texto, imágenes, gráficos, vídeo...). Es una convocatoria de una empresa dedicada a una actividad profesional relacionada con los estudios de grado que necesita adquirir un computador. Los alumnos han de preparar y presentar su oferta y cambiar de rol en la última fase para asesorar la toma de decisión.

Cada alumno debe buscar información sobre computadores, teniendo en cuenta todos los conceptos analizados en la teoría, llenar una ficha para cada computador (mínimo tres fichas), y añadir una evaluación del computador y de su adecuación para utilizarlo en el caso propuesto (oferta).

Se pretende que el alumno aprenda a buscar información sobre los dispositivos y sepa analizar los diferentes sistemas alternativos que existen, valorando las características y las prestaciones de los dispositivos.

Con la utilización del material elaborado por los alumnos de manera individual (ofertas), el grupo debe elaborar y presentar el informe que resuelve el caso (toma de decisión). El material elaborado por los alumnos es el que se utiliza en el aula para trabajar el caso en grupo.

El grupo se forma y trabaja en el aula. En el aula, los alumnos se dividen en grupos de tres. Los grupos no han de mantenerse a lo largo del curso, pero sí durante las tres sesiones de la actividad.

El grupo debe presentar una propuesta que indique los criterios para seleccionar el sistema y especificar cómo integrar los componentes del sistema de cómputo con unas buenas relaciones de calidad, precio y prestaciones.

Resolver el caso implica:

- Buscar y seleccionar información sobre componentes. Para eso, como primer paso, los estudiantes han trabajado individualmente buscando información sobre diferentes componentes, elaborando fichas que recogen la información y facilitan la comparación. Este trabajo se hace individualmente, fuera del aula.
- Presentar, como final de esta fase, un documento con una serie de ofertas justificadas. Se presenta un informe con las fichas hechas, que concretan características que se deben tenerse en cuenta en el análisis de estos sistemas, se analizan y se evalúan teniendo en cuenta el caso, y se presentan unas conclusiones (recomendaciones), en las que se destacan las ventajas y los inconvenientes que tiene cada uno de los sistemas para utilizarlo en el caso propuesto (documento para la evaluación individual).
- Reunirse en grupo para seleccionar los sistemas más adecuados para el caso que se plantea, teniendo en cuenta las ofertas realizadas. Este trabajo se hace en el aula en una sesión.
- Presentar, al acabar, una valoración crítica del grupo que justifique los dispositivos seleccionados. Este trabajo incorpora todos los informes individuales (ofertas) hechos por cada uno de los miembros del grupo.
- Presentar los resultados mediante una comunicación oral y un informe escrito. La comunicación oral se presenta en clase durante la segunda sesión.
- Evaluar, durante la segunda sesión, las exposiciones de los otros grupos, hacer una observación sistemática (basada en unas pautas de observación) y hacer en grupo un informe en el que se comparen las propuestas de los otros grupos con las suyas.

- Utilizar una tercera sesión para elaborar el informe final. Al finalizar la sesión hay una discusión con todo el grupo, dirigida por el profesor, en la que se selecciona el computador que se ajusta mejor a la convocatoria que se proponía en el caso.

El trabajo individual requiere comprender, analizar y sintetizar información de textos técnicos y comerciales para poder llenar las diferentes fichas sobre los componentes del sistema de cómputo. Implica relacionar los conocimientos teóricos con los textos técnicos y comerciales. Esto ayuda a que los alumnos se familiaricen con el tema (conceptos, vocabulario...) y hagan un trabajo previo al trabajo en grupo.

El trabajo en grupo implica un debate para seleccionar las características más importantes que debe tener el sistema para adecuarse al caso presentado, hacer una propuesta, evaluarla y justificarla. La evaluación requiere aplicar los conceptos que permiten evaluar el rendimiento y el coste.

Presentar la propuesta requiere un trabajo de transmisión oral, el reparto de los recursos (selección de cuestiones fundamentales para la presentación y gestión del tiempo de ésta), y la utilización de herramientas informáticas para la presentación.

El informe escrito requiere el trabajo para hacer una comunicación escrita.

Se pretende que el alumno vea las diferencias fundamentales que deben tenerse en cuenta para seleccionar un sistema de cómputo en función de la aplicación a que se dedicará. Debe tener en cuenta diversos conceptos y comprender que es diferente seleccionar un computador, por ejemplo, para un sistema multimedia, o para dedicarlo al cómputo científico, que para un servidor o un sistema de archivo de información. A partir del enunciado, el alumno deberá superar diferentes fases:

- Búsqueda de información: el alumno debe buscar información, individualmente, sobre los sistemas que hay en el mercado.
- Tratamiento de la información: el alumno, individualmente, ha de hacer fichas con información relevante para los componentes que permitan unificar la información para que sea comparable.
- Clasificación de la información: el alumno, en grupo, ha de clasificar la información. Para ello debe identificar las ideas fundamentales que surgen en el caso planteado y los conceptos básicos que deben saberse para resolverlo. Y ha de considerar cuestiones como el tipo de soporte físico (por ejemplo, en el caso de los discos, si es magnético, óptico...), la degradación del soporte, el coste, el mantenimiento, la capacidad de ampliación y la obsolescencia tecnológica (se debe analizar la evolución de los componentes).
- Criterios de selección: hacer una propuesta teniendo en cuenta el caso propuesto y las variables analizadas. Se debe dar peso a las diferentes variables.
- Análisis de diferentes sistemas: comparar las soluciones y hacer preguntas o reflexiones que se harían si no se dispusiera de toda la información necesaria.

- Propuesta de un sistema de cómputo (justificación de la propuesta).
- Exposición oral: el resto del grupo hace una valoración tanto de la exposición como de la propuesta.
- Informe final.

Durante la exposición se discute la propuesta y se plantean cuestiones relativas sobre cómo cambiaría la propuesta para una aplicación diferente del sistema de cómputo.

**Conclusión:** dar una explicación bien argumentada de las preguntas que plantea el problema y de las que han surgido en las sesiones de discusión. Para ello, deberán relacionarse los diferentes conceptos teóricos que se han trabajado y deberán saberse utilizar en el contexto del problema.

## 9.5. ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

Se evalúan las diferentes actividades realizadas, tanto individuales como en grupo. Se utilizan para la evaluación diferentes instrumentos e indicadores.

### a. Búsqueda, selección y clasificación de la información

Evaluación individual realizada a partir del documento con las ofertas.

- La búsqueda de información se evalúa mediante la presentación del informe (documento con las ofertas) que incluye las fichas. Es un trabajo individual.

El objetivo es evaluar los criterios para la selección de los componentes. Requiere familiarizarse con la información, con las características técnicas analizadas en la teoría y con la información existente en el mercado, después de haber estudiado los conceptos en el aula. Con eso pretendemos:

- Desarrollar una metodología para buscar información.
- Tener ejemplos actualizados de los sistemas que hay en el mercado.
- Describir con detalle las características técnicas de los sistemas.
- Adquirir capacidad crítica en la elección de un sistema.
- Obtener criterios para seleccionar e integrar los componentes de un sistema informático con unas buenas relaciones de calidad, precio y prestaciones.

**Instrumento:** elaboración de **fichas** técnicas en las que se analizan los componentes del sistema.

Una ficha técnica consiste en un documento escrito que contiene la información técnica de un sistema comercial que hay en el mercado. Esta información se obtiene a partir de los manuales técnicos que acompañan al sistema (muchas veces publicados en Internet) o, alternativamente, de la propaganda y de los anuncios en Internet o en revistas.

Las características técnicas relevantes de cada componente se presentan siguiendo la propuesta de tablas que están en el portafolio de la asignatura. Estas fichas deben incluir:

- Las características del dispositivo.
- Una foto.
- Comentarios o conclusiones.

Se utilizan para elaborar el documento de ofertas del dispositivo para el estudio del caso propuesto.

El campo de conclusiones debe especificar sus valoraciones y cuestiones, así como justificar los sistemas seleccionados y su adecuación al caso propuesto. Si no se han podido rellenar todos los campos, debe justificarse por qué faltan datos, qué datos se añadirían, la valoración sobre la adecuación a las aplicaciones para las que se utilizaría este dispositivo o la relación coste-prestaciones.

Se hace un esquema que facilite hacer un estudio comparativo, en función de las características de los diferentes tipos de componentes de un sistema y de las características estudiadas. Es importante tener en cuenta cuestiones y valorar tanto el coste del sistema como los fungibles o el mantenimiento.

**Evaluación:** ¿sabe distinguir las características y buscar la información adecuada?

**Indicadores para la evaluación:** calidad de la información buscada. Criterios de selección (utiliza los contenidos teóricos para dar la información precisa). Adecuación a las necesidades planteadas por los usuarios (explicadas en el caso). Exposición de conclusiones, lenguaje. Valoración de la información.

Este trabajo inicial se corrige y las sugerencias se entregan al alumno, para que pueda modificar su trabajo y sea, por tanto, una herramienta útil para el estudio de casos.

#### **b. Análisis de la información, toma de decisiones**

Evaluación en grupo hecha a partir del documento con la propuesta elaborada a partir del estudio del caso.

Es una actividad relacionada con los objetivos y las competencias: adquirir capacidad crítica en la elección de un sistema; obtener criterios para seleccionar e integrar los componentes de un sistema informático con unas buenas relaciones de adecuación, calidad, precio y prestaciones. También se trabaja la competencia transversal de trabajo en grupo (no evaluable).

**Actividad:** estudio de casos. Es un trabajo que se hace en grupo en el aula.

Se presenta un caso práctico que requiere seleccionar sistemas de cómputo relacionados con el tema que se está tratando.

Se lleva a cabo en el aula y se utiliza la información de las ofertas hechas por los componentes del grupo como base para hacer el informe de justificación de la propuesta de adquisición.

Las conclusiones elaboradas y consensuadas por el grupo se presentan en la sesión siguiente.

**Evaluación:** los criterios utilizados para la toma de decisiones parten de los fundamentos teóricos adecuados y de las necesidades planteadas.

**Indicadores para la evaluación:** criterios de selección (utiliza los contenidos teóricos para justificar la selección), adecuación a las necesidades de los usuarios. Exposición de resultados, vocabulario utilizado, nivel de argumentación.

### **c. Comunicación oral: presentación, defensa y valoración**

Exposiciones de la propuesta y de su justificación hechas en clase.

**Actividad:** presentar el sistema final que puede cubrir mejor las necesidades expresadas por la empresa. Todos los grupos presentan su propuesta y evalúan las propuestas de otros grupos. Al acabar la exposición de un grupo se dispone de cinco minutos para consensuar la evaluación y valorar la información que han obtenido y cómo afecta a su selección previa.

**Evaluación:** ¿sabe presentar la información de forma adecuada?

**Indicadores para la evaluación:** la estructura general es correcta, presenta y sigue un guión. Entiende y utiliza correctamente el lenguaje. Controla el tiempo (planificación y exposición). Claridad de la exposición. Transmite la información adecuada. Valora adecuadamente la información que recibe.

### **d. Comunicación escrita: informe final**

**Actividad:** realizar un informe final que recoja también el proceso. Ha de incorporar el trabajo individual de los miembros del grupo (ofertas), el informe realizado por el grupo, con la propuesta justificada, la valoración de las ofertas de los otros grupos y la propuesta final.

**Evaluación:** ¿argumenta y sabe justificar la propuesta hecha teniendo en cuenta toda la información disponible?

**Indicadores:** la estructura es correcta, la bibliografía adecuada. Hace una buena argumentación para justificar la propuesta final.

### e. Síntesis de conocimientos y argumentación: prueba individual escrita

**Actividad:** se hace una prueba de evaluación final individual, con el objetivo de evaluar los conocimientos adquiridos a lo largo del curso. Esta prueba incorpora preguntas de este primer bloque, relacionadas con la actividad realizada, y permite analizar la evolución del alumno con respecto a la evaluación inicial al presentar las fichas.

Se evalúan básicamente conocimientos de manera individual.

Se plantea una prueba con cuatro ejercicios (un ejercicio de este bloque) y 20 preguntas cortas, planteadas con dos posibilidades: verdadero/falso. Si se considera que la afirmación es falsa, debe justificarse el porqué en una redacción corta (entre seis y ocho cuestiones relacionadas con este tema).

- Describir y comparar cuestiones relativas al funcionamiento global de un computador. La importancia de sus características y cómo influyen en las prestaciones.
- Diferenciar los diferentes tipos de computadores y su adecuación a las aplicaciones.
- Distinguir los diferentes tipos de información que utiliza el computador, su codificación, el tratamiento y los requisitos de almacenaje.
- Adquirir conocimientos básicos de fundamentos de los computadores y utilizarlos como criterios para seleccionarlos.

## 9.6. EVALUACIÓN

Como hemos visto, los instrumentos de evaluación utilizados son: **elaboración de fichas técnicas (FT), estudio de caso (EC), presentación y defensa oral (PD), valoración de exposiciones (pauta de observación) (EV), informe (IF) y prueba escrita (EX).**

*¿Qué competencia evaluamos?* Tomar decisiones fundamentales y saber explicarlas, que se basa en el estudio y la resolución de un caso sobre fundamentos de computadores. El objetivo de la unidad es introducir los principios de funcionamiento de los computadores y que el estudiante pueda evaluar las diferencias y su influencia en costes y prestaciones.

Búsqueda, selección y clasificación de la información: elaboración de fichas técnicas (FT) (documento con ofertas para el caso).

Análisis de la información, toma de decisiones: estudio y resolución de un caso (EC).

Comunicación oral: presentación y defensa (PD) y valoración de exposiciones (pautas) de observación), (EV).

Comunicación escrita: informe final (IF).

Síntesis de conocimientos y argumentación: prueba individual escrita (EX).

**Tabla resumen. Evaluación de competencias en Informática: fundamentos de computadores**

Competencia: Tomar decisiones fundamentales y saber explicarlas			
Estrategias	Objetivos	Identificar los aspectos relevantes de los componentes de un sistema de cómputo	Establecer los criterios para seleccionar los sistemas y componentes adecuados en función de los requisitos de aplicación y de las necesidades de los usuarios
Desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo		FT	
Desarrollar estrategias de trabajo de grupo		EV	EC PD
Desarrollar estrategias para tomar decisiones		FT	FT EC
Comunicarse oralmente			PD
Colaborar y valorar el trabajo		EV	EV
Comunicarse por escrito		EX	EC

	Comprender, analizar y sintetizar información técnica	Relacionar la práctica, en contextos reales, con la teoría	Argumentar basándose en criterios fundamentados	Analizar la relación, las características, las prestaciones, el coste de dispositivos y de mantenimiento
	FT EX	FT	FT	
			EC	EC
			EC	EC
	PD		PD	
		EC	EV	EV
	FT	EX	EX	EX

## Cuantificación de los diferentes elementos de evaluación

Los elementos que se tienen en cuenta para la evaluación son:

- La participación en las actividades propuestas (20%). Se evalúan, entre otros aspectos, la asistencia, la entrega puntual de los trabajos, la calidad de la participación.
- El trabajo individual hecho por el alumno, el desarrollo y el contenido de las actividades de la propuesta: documento de ofertas (20%).
- El contenido y la presentación del estudio de casos (30%). Se evalúa la calidad del contenido de la propuesta, su presentación (organización, bibliografía), la exposición oral y los informes entregados sobre las otras exposiciones.
- La prueba individual escrita (30%).

## 9.7. REFLEXIONES FINALES

Es importante que los alumnos identifiquen la utilidad de los conceptos que se presentan en clase y evitar que oigan que lo que les explican no sirve para nada. Éste es el riesgo que tienen las materias que ellos no consideran específicas de la titulación.

Se propone una actividad con la que los alumnos se puedan identificar gracias al hecho de relacionar los conceptos teóricos con los prácticos; es necesario que la actividad sea un instrumento para ellos, que se ajuste a los objetivos, y que permita evaluar conocimientos, capacidades y actitudes.

La actividad presenta una metodología que favorece la reflexión individual antes del trabajo en grupo. Permite evaluar un trabajo inicial, el proceso, y hacer una evaluación final.

La actividad está especialmente seleccionada para desarrollar competencias como las previstas en los futuros grados; en concreto, la actividad permite evaluar la competencia: tomar decisiones fundamentales y saber explicarlas.

# 10. EVALUACIÓN DE LA COMPETENCIA DE APRENDIZAJE AUTÓNOMO EN QUÍMICA ANALÍTICA MEDIANTE EL TRABAJO COOPERATIVO

Jordi Gené

## 10.1. INTRODUCCIÓN

La experiencia de *trabajo cooperativo* iniciada en el curso 2005-2006 en una asignatura de Química analítica y llevada a cabo hasta el curso actual, 2008-2009, pretende, de entrada, provocar un cambio de rol del estudiante en su proceso de aprendizaje. El estudiante adoptaba habitualmente un *papel pasivo*, escuchando al profesor y tomando apuntes; era necesario, pues, reorganizar la asignatura y las clases para que el alumno adoptara un *papel activo*, a partir de la programación de una serie de actividades dentro y fuera del aula. De las diversas posibilidades que existen para provocar este cambio de rol se escogió la del *trabajo cooperativo*.

Esta metodología favorece la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje, le induce a trabajar una serie de competencias transversales poco desarrolladas en las otras asignaturas de la licenciatura de Química y, en último término, trabaja una competencia importante para su futuro profesional, como es el aprendizaje autónomo.

La experiencia que se muestra en esta unidad está dentro de un proyecto de innovación docente de la UAB que pretende potenciar actividades para *trabajar y evaluar por competencias* en asignaturas de Química [1-2].

## 10.2. CONTEXTO DOCENTE

El trabajo que se presenta en esta unidad se ha desarrollado en la asignatura de Métodos cromatográficos de la licenciatura de Química (UAB). Es una asignatura optativa de segundo ciclo (tercer/cuarto curso) que tiene asignados seis créditos: 4,5 de teoría y 1,5 prácticos (clases de problemas). No tiene créditos prácticos de laboratorio, ya que las prácticas relacionadas con esta asignatura y con las otras asignaturas de segundo ciclo del área de Química analítica están integradas en las asignaturas de Laboratorio de química analítica y Ampliación de laboratorio de química analítica, que se imparten simultáneamente en el cuarto curso de la licenciatura.

La experiencia de *trabajo cooperativo* se ha desarrollado desde el curso 2005-2006 con el grupo de alumnos que hacían la asignatura en el segundo semestre. Se trataba siempre de grupos pequeños o medianos, ya que el número de estudiantes ha fluctuado, según el curso académico, entre 25 y 50 alumnos.

Para efectuar el trabajo cooperativo en el aula, el profesor asigna a un pequeño grupo de estudiantes (*grupo inicial*) la lectura de un portafolio de unas 10 páginas, extraído de un libro de texto o de diversos libros y modificado parcialmente por el profesor para facilitar la comprensión. El profesor asigna a cada uno de los miembros del grupo (normalmente tres) una parte de este portafolio.

El trabajo del estudiante en esta actividad se puede desglosar en cuatro apartados:

- Se pide, inicialmente, que cada estudiante se lea detenidamente y críticamente su parte del portafolio, que anote las ideas clave del texto y los conceptos que no entiende o que le quedan poco claros.
- Posteriormente, los grupos se reorganizan formando nuevos grupos de tres o cuatro estudiantes que han leído y trabajado una misma parte del portafolio (*grupos de expertos*). Se trata de provocar una discusión para fijar las ideas clave del texto, y para intentar que se aclaren los conceptos que individualmente habían quedado dudosos. Además, este pequeño grupo ha de plantearse una estrategia útil para explicar al resto de los compañeros de grupo inicial la parte del portafolio que ha trabajado.
- Los estudiantes vuelven a formar los grupos iniciales, en los que cada miembro del grupo explica oralmente a los otros compañeros la parte que ha trabajado del portafolio, siguiendo la estrategia fijada previamente. A partir de las diferentes exposiciones es necesario que se empiece una discusión y un debate sobre el contenido de todo el portafolio, remarcando las ideas clave y buscando las relaciones y las aplicaciones de los diferentes conceptos.
- El profesor pide a cada grupo que se plantee una serie de cuestiones sobre las ideas clave del portafolio (sin consultarlas). Las cuestiones están previamente dirigidas para que cada grupo plantee no sólo el *conocimiento* de unos conceptos que aparecen en el portafolio, sino la *comprensión*, la *aplicación* o el *análisis* de estos conceptos. Finalmente, las cuestiones planteadas por un grupo las contestan los miembros de otro grupo o, a veces, se contestan individualmente. Opcionalmente, el profesor puede proponer a los estudiantes un cuestionario que deben responder o bien en grupo, o bien individualmente.

Los elementos característicos de este tipo de actividad de aprendizaje son la *responsabilidad* y la *exigibilidad individual*, ya que cada miembro del grupo se responsabiliza de la comprensión de una parte del portafolio. De esta manera de trabajar se desprende la *interdependencia positiva*, es decir, los estudiantes dependen de sus compañeros para la comprensión total del portafolio, y la *dinámica de grupo*, ya que todo el proceso se lleva a cabo en grupo y con una interacción directa cara a cara.

### 10.3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD DOCENTE

Las clases de la asignatura de Métodos cromatográficos se programan y diseñan para hacer posible la realización en el aula de diversas actividades de trabajo cooperativo. Una de las actividades realizadas, y que se muestra en esta unidad para visualizar los instrumentos de evaluación de competencias, es una actividad cooperativa para trabajar la técnica de separación denominada cromatografía de gases (temas 8 y 9 del programa).

En estos momentos de transición hacia el Espacio Europeo de Educación Superior, la Facultad de Ciencias de la UAB ha aprobado la lista de competencias del nuevo título de graduado en Química. La lista siguiente muestra cuáles de estas competencias se trabajan en la actividad cooperativa propuesta en esta unidad (la relación de competencias se presenta tal y como está escrita en la propuesta del nuevo plan de estudios).

- CE1 Demostrar conocimientos y comprensión de conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales de las diferentes áreas de la química.
- CE2 Aplicar estos conocimientos y comprensión a la resolución de problemas de naturaleza cuantitativa o cualitativa en ámbitos familiares y profesionales.
- CT1 Comunicarse de forma oral y escrita en la lengua nativa.
- CT3 Resolver problemas y tomar decisiones.
- CT5 Gestionar, analizar y sintetizar la información.
- CT9 Trabajar en equipo y cuidar las relaciones interpersonales de trabajo.
- CT11 Razonar de forma crítica.

A partir del desarrollo de esta actividad cooperativa se pretende que el estudiante consiga un determinado nivel de **competencia de aprendizaje autónomo**. Esta competencia está tabulada en la lista de competencias del nuevo título de graduado en Química como CT13 (**aprender de forma autónoma**).

Los objetivos concretos de aprendizaje que se desarrollan en la actividad son:

**Comprender, analizar y sintetizar información de textos científicos** sobre cromatografía. El estudiante ha de ser capaz de comprender un texto científico. Este texto es una parte del portafolio que el profesor entrega a los estudiantes, en el que se introducen conceptos nuevos relacionados con las columnas, las fases estacionarias y los detectores principales utilizados en la cromatografía de gases. El estudiante ha de ser capaz de analizar y sintetizar la información del texto científico anterior. Puede utilizar diferentes tipos de técnicas: subrayar o marcar palabras o partes del texto, hacer esquemas, hacer un mapa conceptual, etc. Se trata de trabajar individualmente las ideas clave del texto.

**Trabajar en grupo.** El estudiante ha de ser capaz de trabajar en grupo y participar activamente en los debates sobre un tema científico. El estudiante discute en el *grupo de expertos* las ideas clave del texto y aclara las dudas que puede tener, expone oralmente en

el *grupo inicial* las ideas clave del texto que ha leído y discutido, e interviene en el debate sobre el conjunto de todo el portafolio. Finalmente, debate en grupo los cuestionarios (propuesta y resolución de cuestiones).

**Adquirir nuevos conocimientos científicos.** El estudiante ha de adquirir los nuevos conocimientos científicos que se introducen en esta actividad de cromatografía de gases: los tipos y las características de las columnas y las fases estacionarias, y el fundamento y las características de los detectores principales utilizados.

**Relacionar nuevos conocimientos con teorías y hechos experimentales previos.** El estudiante ha de relacionar los nuevos conocimientos científicos que se introducen en este tema sobre cromatografía de gases con los conocimientos introducidos en temas anteriores de la misma asignatura (Introducción a la cromatografía o Parámetros cromatográficos), y los conocimientos que tenía por haber cursado asignaturas como Química analítica II o Laboratorio de química analítica.

**Resolución de problemas y/o ejercicios.** El estudiante ha de ser capaz de resolver problemas y/o ejercicios cualitativos aplicando los nuevos conocimientos científicos que se introducen en esta actividad.

## 10.4. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Los estudiantes hacen la actividad cooperativa en el aula en tres o cuatro sesiones de 50 minutos. Los grupos iniciales se forman al azar y están constituidos, habitualmente, por tres estudiantes. Las tareas concretas que se llevan a cabo, bajo la supervisión del profesor, son:

**Lectura de textos científicos.** El estudiante lee detenidamente un texto asignado por el profesor y que forma parte del portafolio.

**Comunicación oral.** El estudiante se comunica oralmente con sus compañeros de *grupo inicial* y de *grupo de expertos* para discutir el portafolio, relacionar los conceptos que aparecen y trabajar los cuestionarios.

**Debate en grupo y gestión del tiempo.** El estudiante hace la actividad en grupo. Esto implica un diálogo continuo con los compañeros para discutir los conocimientos nuevos que se introducen en el portafolio, para relacionarlos entre sí y con otros conocimientos previos, para plantear y responder cuestiones, etc. El estudiante ha de saber gestionar el tiempo, ya que las sesiones dedicadas a la actividad están predeterminadas. El profesor marca el tiempo que se puede dedicar a cada parte de la actividad (lectura individual, discusión en *grupos de expertos*, exposición en el *grupo inicial*, cuestionario...) y el grupo ha de saber controlar el tiempo que se le da para poder finalizar la actividad en el tiempo previsto. Es necesario que el estudiante vaya entrando en la *dinámica de grupos* de manera activa.

**Comunicación escrita.** El estudiante ha de responder un cuestionario (individualmente o en grupo) utilizando un lenguaje científico preciso.

## 10.5. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Para evaluar los diferentes objetivos de aprendizaje en las actividades realizadas se utilizan los cuatro instrumentos de evaluación siguientes: una tabla de observación, con un peso del 25% en la nota de la actividad; y los cuestionarios I, II y III con un peso del 10%, el 30% y el 35%, respectivamente, en la nota de la actividad. La ponderación es variable según si se hacen todos los cuestionarios o se opta por hacer sólo dos.

### a. Tabla de observación

El profesor debe tener una pauta para ir valorando diferentes aspectos del trabajo del estudiante. Una tabla de observación permite ponderar el grado de consecución (bajo, regular, bueno o muy bueno) de los diferentes objetivos de aprendizaje en las diferentes actividades de aprendizaje. Un ejemplo de tabla de observación para la actividad cooperativa sobre cromatografía de gases es:

#### ■ **Observación 1:** ¿Cómo analiza y sintetiza la información de su texto?

Se trata de valorar la capacidad de análisis y síntesis de un texto científico que tiene el alumno. Los conceptos del texto pueden ser «nuevos» para el estudiante o pueden haberse trabajado parcialmente en otras asignaturas de la titulación; en todo caso, el texto está adaptado para que pueda ser comprensible para el estudiante. El estudiante debe utilizar recursos para extraer la información relevante del texto (esquemas, pequeños resúmenes, mapas conceptuales...) y contextualizarla con lo que ya ha aprendido de otras asignaturas o de la misma asignatura.

#### ■ **Observación 2:** ¿Participa activamente en la discusión del *grupo de expertos*?

El trabajo en grupo implica la participación activa del estudiante aportando ideas, razonamientos, cuestiones... El *grupo de expertos* es muy importante, ya que es donde los estudiantes confrontan lo que han leído: qué ideas principales aparecen en el texto, qué ideas no están claras o qué dudas les surgen. El profesor debe valorar el grado de participación de cada alumno y la calidad de sus intervenciones.

#### ■ **Observación 3:** ¿Cómo transmite la información de su texto al resto de compañeros del *grupo inicial*?

El trabajo cooperativo a través de la técnica de puzzle otorga a cada estudiante un papel muy relevante, ya que la información que el profesor suministra para hacer la actividad está repartida (fraccionada) entre todos los miembros del grupo. Por lo tanto, el profesor ha de valorar la calidad de transmisión de la información de cada estudiante a los miembros de su grupo

#### ■ **Observación 4:** ¿Participa activamente en la discusión del *grupo inicial*?

Cuando todos los miembros del grupo han expuesto la información de su texto, es necesario que se produzca una discusión sobre el conjunto de los textos (portafolio). Es muy importante que los alumnos relacionen las diferentes partes del portafolio y se planteen cuestiones que deben ir resolviendo entre ellos. El profesor ha de valorar la participación de cada alumno en este proceso de *trabajo en grupo*.

■ **Observación 5:** ¿Cómo gestiona el tiempo de la actividad?

El profesor fija un tiempo máximo para llevar a cabo la actividad y, en algunos casos, fija también el tiempo para llevar a cabo cada una de las partes de la actividad. El grupo tiene que saber gestionar el tiempo para llegar al final de la actividad habiendo efectuado una buena discusión del portafolio. El profesor debe valorar de qué manera el grupo, y por lo tanto cada alumno, ha gestionado el tiempo que tenía.

A partir de la tabla de observación, el profesor puede valorar algunos de los objetivos de la actividad: comprender, analizar y sintetizar información de textos científicos, trabajar en grupo y relacionar nuevos conocimientos con teorías y hechos experimentales previos.

**b. Cuestionario I**

El profesor propone a los estudiantes que planteen por escrito, y en grupo, una serie de cuestiones sobre los conceptos trabajados en el portafolio, pero con una pauta marcada. El profesor ha de valorar la «calidad» de las cuestiones planteadas. Un ejemplo de este cuestionario para la actividad cooperativa sobre cromatografía de gases es:

■ **Apartado 1:** columnas

- ¿Cuál es la diferencia entre.....?
- ¿En qué casos se utiliza.....?

■ **Apartado 2:** fases estacionarias

- Explica por qué.....
- ¿Qué pasaría si.....?

■ **Apartado 3:** detectores

- ¿Cuáles son los puntos fuertes y débiles de.....?
- Explica cómo.....

Podemos advertir que en lugar de proponer preguntas abiertas, forzamos a los estudiantes a que se planteen preguntas con un nivel de profundidad medio - alto, a que hagan comparaciones y busquen relaciones de los conceptos que aparecen en el portafolio.

Con este cuestionario podemos valorar los objetivos de comprender, analizar y sintetizar información de textos científicos, trabajar en grupo y adquirir nuevos conocimientos científicos.

### c. Cuestionario II

El estudiante ha responder por escrito, en grupo o individualmente, el cuestionario anterior (cuestionario I). El profesor debe valorar las respuestas, prestando especial atención a los razonamientos. Un ejemplo de cuestionario propuesto por un grupo de estudiantes en el curso 2007-2008 al hacer la actividad cooperativa sobre cromatografía de gases es:

#### ■ Cuestión 1: columnas

- ¿Cuál es la diferencia entre *una columna abierta de sílice fundida* y *una columna abierta de parte recubierta*?

#### ■ Cuestión 2: fases estacionarias

- Explica por qué *influye el grosor de la película de fase estacionaria en la separación de los analitos de una muestra*.

#### ■ Cuestión 3: detectores

- ¿Cuáles son los puntos fuertes y débiles del detector de *captura electrónica*?

Con este cuestionario podemos valorar los objetivos de trabajo en grupo, la adquisición de nuevos conocimientos científicos y la resolución de problemas y ejercicios.

### d. Cuestionario III

El estudiante ha de responder por escrito un cuestionario propuesto por el profesor. Se trata de valorar la adquisición de nuevos conocimientos científicos después de haber acabado la actividad y la capacidad de comunicarlos correctamente. Un ejemplo de este cuestionario sería:

- ¿Cuáles son las columnas más utilizadas actualmente en cromatografía de gases y por qué?
- Si utilizamos una fase estacionaria de Carbowax (polietilenglicol), ¿será útil para separar una muestra formada por diferentes compuestos polares? Razónalo.
- ¿Por qué se produce el sangrado en una columna cromatográfica de gases? ¿Cómo se puede evitar que pase?
- Explica dos motivos por los que escogerías el detector de la ionización de llama (DIL) en lugar del detector de captura electrónica (ECD).

En el cuestionario, el profesor debe valorar el grado de consecución de algunos de los objetivos que se trabajan en la actividad: adquirir nuevos conocimientos científicos y resolver problemas y ejercicios.

La **tabla resumen** nos muestra los instrumentos utilizados para evaluar la competencia global de la actividad: competencia de aprendizaje autónomo. En la primera fila tenemos los diferentes objetivos de aprendizaje y en la primera columna cada una de las actividades de aprendizaje llevadas a cabo en la realización del trabajo cooperativo sobre cromatografía de gases. En las intersecciones se fijan los instrumentos de evaluación utilizados.

**Tabla resumen. Pautas para la corrección del informe**

Actividades	Objetivos				
	Comprender, analizar y sintetizar información de textos científicos	Trabajar en grupo	Adquirir nuevos conocimientos científicos	Relacionar nuevos conocimientos con teorías y hechos experimentales previos	Resolución de problemas y/o ejercicios
Lectura de textos científicos	TO				
Comunicación oral	TO	TO			
Debate en grupo y gestión del tiempo	QI	TO	QI QII	TO	
Comunicación escrita	QI	QI QII	QI QII QIII		QII QIII

TONO: tabla de observación. CI, CII, CIII: cuestionarios.

## 10.6. REFLEXIONES FINALES

Con esta unidad hemos visto las posibilidades que nos proporciona la metodología de trabajo cooperativo en el aula para trabajar la competencia de **aprendizaje autónomo**. El estudiante adquiere un papel activo en su proceso de aprendizaje trabajando los objetivos que el profesor ha fijado para estos temas a través de una serie de actividades, como la lectura de textos, el debate en grupo y la comunicación oral y escrita.

La evaluación del grado de consecución de la competencia de **aprendizaje autónomo** es posible si se hace uso de los instrumentos utilizados (tabla de observación y cuestionarios) cuando el estudiante participa activamente en un conjunto de actividades que le permiten trabajar los objetivos propuestos por el profesor.

# 11. EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS EN UNA CLASE DE TERMODINÁMICA

Àngels González

## 11.1. INTRODUCCIÓN

Esta actividad ha sido diseñada para poder realizarse, en parte, en un curso de Química General, en el que aparecen por primera vez y de forma introductoria los primeros conceptos de termodinámica clásica. En este caso puede servir de complemento para poder interpretar de forma puntual algún concepto termodinámico. Sin embargo, fundamentalmente es una actividad que podría desarrollarse en una asignatura de Química física, en la que se imparten los contenidos principales de la termodinámica clásica macroscópica junto con algunas ideas fundamentales de la termodinámica molecular o estadística. Es una actividad pensada para el nuevo grado de Química en la UAB en el que los contenidos de termodinámica estadística se imparten junto con los de termodinámica clásica.

Muchos estudiantes universitarios experimentan dificultades con las ideas fundamentales de la termodinámica aplicada al campo de la química. Los estudiantes ven la termodinámica como un conjunto de ecuaciones que no se entienden y que se tienen que aprender de memoria para poder superar los exámenes. A pesar de la importancia de la termodinámica como pilar de toda la química, muchos estudiantes superan los cursos introductorios con un aprendizaje muy limitado de estos contenidos. Los cursos de Química física en los que se presentan las ideas más adelantadas de la termodinámica son percibidos por los estudiantes como unos de los más difíciles de todos los estudios de Química. Además, pocos de estos estudiantes llegan a conectar la formulación clásica de la termodinámica basada en describir el comportamiento macroscópico de la naturaleza con la interpretación molecular de estos conceptos termodinámicos.

## 11.2. CONTEXTO DE LA UNIDAD DOCENTE

Aunque algunos aspectos de esta unidad docente ya se han utilizado en la asignatura de Termodinámica estadística de la licenciatura de Química de la UAB, como unidad docente completa se plantea en el contexto del nuevo plan de estudios ya adaptado al Espacio Europeo de Educación Superior:

Titulación: grado de Química

Curso: segundo curso del grado de Química

Materia: Química física

Asignatura: Química física I

### 11.3. OBJETIVOS A ALCANZAR

El objetivo es conseguir que los alumnos trabajen el concepto de entropía (mide las maneras que tiene un sistema de repartir la energía entre sus partículas o cómputo de estados accesibles) trabajando en el aula diferentes actividades (individuales y en grupo) que les permitan llegar al saber a partir o mediante el hacer y el ser, es decir, que los conocimientos se alcanzan desarrollando unas capacidades y unas actitudes propias del pensamiento científico. La idea es intentar evitar así interpretaciones incorrectas basadas en definir la entropía como una medida del orden/desorden de un sistema y basadas en diferenciar la entropía posicional de la entropía térmica.

Los objetivos a alcanzar con esta unidad docente son los siguientes:

Desde el punto de vista de conocimientos: 1) Se pretende que el alumno entienda los conceptos de la termodinámica estadística de esta unidad, en particular, la distribución de Boltzmann de la energía y el significado molecular de la entropía. 2) Se pretende como objetivo final que el alumno pueda analizar e interpretar en función del concepto de entropía molecular problemas termodinámicos contextualizados sobre hechos o fenómenos del entorno desde su complejidad.

En el contexto del nuevo grado de Química en la UAB, los objetivos mencionados están relacionados con siguientes «competencias» extraídas de la lista consensuada en nuestra Facultad de Ciencias:

- CE1. Demostrar conocimientos y comprensión de conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales de las diferentes áreas de la química.
- CE2. Aplicar estos conocimientos y comprensión en la resolución de problemas de naturaleza cuantitativa o cualitativa en ámbitos familiares y profesionales.
- CE3. Reconocer y analizar problemas químicos y planificar respuestas o trabajos adecuados para su resolución, incluyendo en los casos necesarios la utilización de fuentes bibliográficas.
- CT3. Resolver problemas y tomar decisiones.

Con el fin de conseguir aprender los conocimientos mencionados anteriormente, esta unidad docente se plantea como un proceso científico de modelización que tiene también como finalidad que el alumno trabaje como científico. Por eso se requiere que el alumno tenga las capacidades siguientes: 1) Ser capaz de plantear hipótesis; 2) Saber relacionar hechos a partir de datos recogidos de fuentes diferentes; 3) Saber relacionar hechos y teoría para establecer unas conclusiones del aprendizaje; 4) Tener la capacidad de argumentar para transmitir a los otros el aprendizaje adquirido.

En el contexto del nuevo grado de Química las capacidades anteriores están relacionadas con las «competencias» siguientes:

- CG1. Desarrollar un pensamiento y un razonamiento crítico y saberlos comunicar de manera efectiva, tanto en las lenguas propias como en una tercera lengua.
- CE3. Reconocer y analizar problemas químicos y planificar respuestas o trabajos adecuados para su resolución, incluyendo en los casos necesarios la utilización de fuentes bibliográficas.
- CE6. Interpretar los datos obtenidos mediante datos experimentales, incluyendo la utilización de herramientas informáticas, identificar su significado y relacionarlos con las teorías químicas, físicas o biológicas.
- CT3. Resolver problemas y tomar decisiones.

Además, el alumno debe plantearse desde el inicio esta actividad de aprendizaje con una actitud propia de un científico, ya que para que podamos transmitirle el pensamiento científico que queremos (el saber y el saber hacer) es necesaria su implicación. En este sentido, las actitudes que se trabajan en esta unidad son: 1) Duda sistemática; 2) Espíritu crítico; 3) Imaginación científica. En la tabla resumen que se presenta al final del documento, estas tres actitudes se engloban en una sola actitud denominada espíritu crítico.

En el contexto del nuevo grado de Química estas actitudes están relacionadas con las siguientes «competencias» más transversales:

- CT11. Razonar de forma crítica.
- CT15. Ser creativo.

La actividad docente que planteamos a continuación se ha diseñado con la finalidad de trabajar con los alumnos estos aspectos competenciales y, sobre todo, para poder evaluar su grado de adquisición en los alumnos.

## 11.4. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Esta unidad docente se plantea como una serie de actividades de aprendizaje que realizan los alumnos con el fin de adquirir unas capacidades cognitivas determinadas y que, mediante unos instrumentos de evaluación, tienen el objetivo final de desarrollar en los alumnos unas características competenciales fruto de un trabajo en el que llegamos al saber, pero actuando.

### Trabajo sobre analogías de la entropía

Prácticamente todos los estudiantes de primer curso a los que preguntamos al empezar las clases de termodinámica sobre la entropía responden lo mismo: «La entropía mide el grado de desorden de un sistema». Sin embargo, pocos alumnos han pensado qué significa esta afirmación y si sirve para entender el concepto de entropía en todos los casos. El objetivo de este primer ejercicio es despertar en los alumnos el espíritu crítico ante esta definición. La idea es que los propios alumnos se planteen preguntas sobre las analogías del mundo

macroscópico que se utilizan generalmente para explicar el concepto de entropía molecular en cursos introductorios. De estas analogías es de donde sale la asociación de la entropía con el grado de desorden.

- a. Lectura crítica de textos.** Se plantea la lectura crítica de unos textos que reproducen conversaciones de profesores (P) y estudiantes (S) hablando de la entropía en términos de desorden. Reproducimos un fragmento de dos textos que se pueden utilizar para empezar la discusión en el anexo de este documento.
- b. Discusión en grupo.** Como otros autores ya han indicado, la interpretación de la entropía como medida de «desorden», en la que este desorden se asocia al número de posiciones en el espacio que pueden ser ocupadas por las partículas de un sistema, introduce bastante confusión a la hora de poder interpretar correctamente los cambios entrópicos que tienen lugar en los sistemas. Además, en muchos textos de Química general se diferencia entre esta «entropía posicional o configuracional» y la denominada «entropía térmica». Esta diferenciación va asociada a diferenciar dos tipos de procesos espontáneos: 1) Aquellos en los que la materia tiende a dispersarse; 2) Aquellos en los que la energía se dispersa. De este modo, no se analiza la causa fundamental y común para todos los procesos que provoca un aumento de entropía y tampoco se discute el carácter probabilístico de la entropía.

La discusión que se plantea a los alumnos consiste en decidir si se está de acuerdo con el razonamiento del primer texto o del segundo, concretando la discusión en dos posiciones contrarias:

1. Como afirma el estudiante del primer texto (alumno A), no podemos explicar el aumento de entropía que experimenta un gas al aumentar la temperatura interpretando esta magnitud termodinámica como un «desorden posicional» y utilizando las analogías del mundo macroscópico.
2. Como afirma el estudiante del segundo texto (alumno B), sí que podemos interpretar el aumento de entropía de un gas cuando aumenta la temperatura como un aumento del «desorden posicional», ya que las colisiones entre moléculas aumentan, lo que provoca que aumente también el desorden. Las analogías utilizadas sirven.

Primero, los alumnos discuten en grupo los pros y contras de las dos posiciones. Posteriormente se ponen en común (se escriben en la pizarra) y se clasifican como argumentos del alumno A o del alumno B.

- c. Redacción escrita de argumentaciones.** Después, cada alumno, de forma individual, (como en un «juego de rol») debe decidir si hace el papel del alumno A o el del alumno B, y ha de redactar por escrito su razonamiento sobre estas analogías utilizando la información surgida de la discusión en grupo que tuvo lugar en la clase.

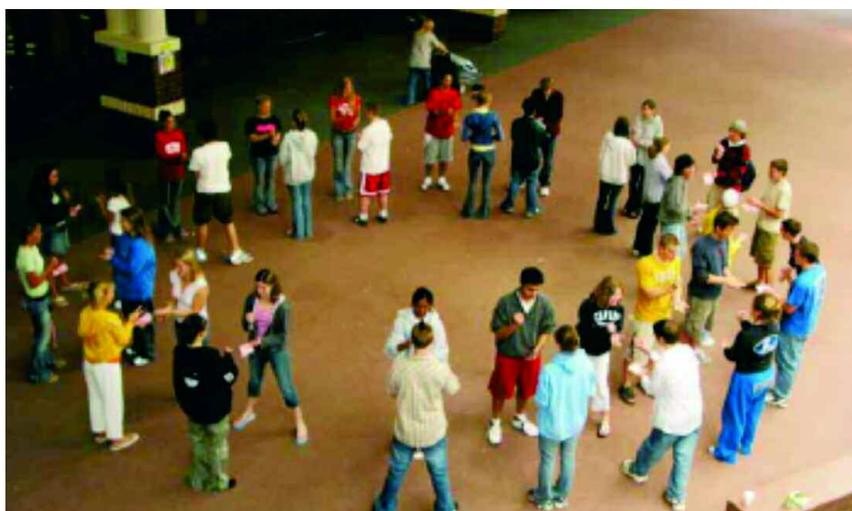
De estas tres actividades de aprendizaje sólo la tercera (el texto escrito de cada alumno) será objeto de evaluación tal y como se explica más adelante.

### **Give them money. El juego de Boltzmann**

Una vez planteada esta confusión a los alumnos con las explicaciones que se hacen del significado de la entropía, se les propone otra analogía, que consiste en un juego y con la que se intenta ir aclarando el concepto de entropía en el ámbito molecular. De nuevo, este objetivo cognitivo se trabaja en clase haciendo actuar a los alumnos en un juego que les permita aprender participando activamente en este aprendizaje.

**a. Experimento real.** En esta actividad se hace participar al grupo de alumnos en el juego de Boltzmann:

1. Primero se deben formar parejas con todos los alumnos de la clase.
2. Se reparte un billete de 1 EUR de Boltzmann a cada alumno.
3. Los alumnos se tienen que colocar en dos circunferencias concéntricas, como muestra la fotografía.
4. Las reglas del juego son las siguientes: cada pareja juega a piedra-papel-tijera. Después de cada jugada habrá un ganador, un perdedor o un empate. Si se produce un empate no hay que hacer nada. Si uno de los dos alumnos de la pareja ha perdido es necesario que le dé a su compañero de la pareja un único billete de 1 EUR de Boltzmann (mientras tenga). Importante: cada pareja hace sólo una jugada de piedra-papel-tijera, y si hay un empate o si el alumno que pierde, o los dos, no tienen ningún billete de 1 EUR de Boltzmann no han de hacer nada. Después de cada jugada, los alumnos de la circunferencia interna se desplazan una posición para formar una nueva pareja con el siguiente alumno de la circunferencia externa. Los alumnos de la circunferencia externa no se mueven.
5. Periódicamente, se para el juego y se recogen resultados. Se hace el cómputo de los alumnos que no tienen ningún billete de 1 EUR de Boltzmann, de los que tienen 1, de los que tienen 2, etc. Los resultados se apuntan en una tabla.



El primer objetivo de esta actividad es comprobar, mediante este juego, si hemos observado que hay una determinada manera más probable de distribuir los billetes de 1 EUR de Boltzmann entre los alumnos que cualquier otra e intentar explicar por qué.

- b. Recogida de información (datos) a partir de las observaciones.** Durante la evolución del juego, los alumnos deben ir introduciendo en una tabla, que después se tendrá que analizar, los resultados del juego e indicar cómo quedan distribuidos los billetes de 1 EUR de Boltzmann.

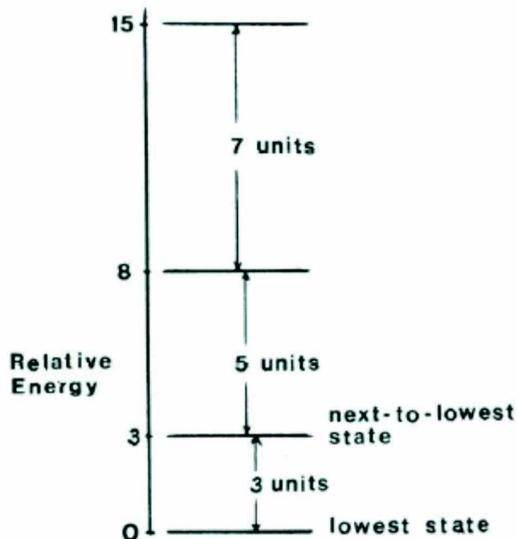
**Table 1. Data for 24 Students Carrying Out the Exercise**

Cash/\$	Number of Students				Most Probable Distribution
	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	
7	0	0	1	0	0
6	0	1	0	0	0
5	1	0	0	1	0
4	0	2	0	1	1
3	1	1	1	1	2
2	4	0	5	3	4
1	8	7	4	6	6
0	10	13	13	12	11

- c. Experimento virtual.** Cuando se da por finalizada la recogida de datos en el juego real de Boltzmann, se hace trabajar a los alumnos de manera individual sobre el juego, pero simulado virtualmente mediante un programa de ordenador. El juego virtual que simula exactamente lo que los alumnos han hecho en la clase permite trabajar con muchos más alumnos, simular muchas más jugadas, plantear más variedad de situaciones iniciales, etc. Los alumnos han de recoger los resultados del experimento simulado también en unas tablas a fin de compararlos con los resultados del juego de Boltzmann. En el anexo se dan referencias para encontrar experimentos virtuales que simulan la distribución de Boltzmann.
- d. Ejercicios numéricos.** Se hacen cálculos cuantitativos basados en la ecuación de Boltzmann que permiten introducir la magnitud entrópica y su relación con la distribución más probable de energía entre partículas (distribución de Boltzmann) simulada en el juego, así como la distribución de billetes de 1 EUR de Boltzmann entre los alumnos.

Ejemplos:

- Si tenemos 24 alumnos de los cuales diez, en un momento determinado, tienen 0 EUR, ocho tienen 1 EUR, cuatro tienen 2 EUR, uno tiene 3 EUR y uno tiene 5 EUR ¿de cuántas maneras se puede dar esta misma distribución?
- Si un sistema de 10 partículas presenta los niveles energéticos dibujados en la figura, ¿de cuántas maneras se pueden repartir 15, 16 y 17 unidades de energía?



### Análisis de problemas reales termodinámicos.

Una vez hechas y evaluadas las actividades de aprendizaje anteriores, y después de haber hecho una tutoría en aquellos casos en los que se considere necesario hacerla para acabar de aclarar las dudas, la unidad docente se completa planteando problemas reales de termodinámica en los que se debe analizar e interpretar el comportamiento y el papel de la entropía. La resolución de estos problemas obligará a los alumnos a analizar la entropía desde el punto de vista molecular, como han trabajado en las actividades anteriores.

## 11.5. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

La evaluación de las actividades presentadas se lleva a cabo mediante la utilización de unas herramientas de evaluación determinadas, que describimos a continuación. También se indica la «competencia» codificada del grado de Química de la UAB que se evalúa:

### Pauta de argumentación

Se aplica una pauta de análisis de las argumentaciones utilizadas por los alumnos en el juego de rol de la actividad de aprendizaje sobre las analogías (actividad 1). Como básicamente lo que se pretende con esta actividad es evaluar si ha provocado en el alumno una actitud crítica y de duda sistemática (CT11) ante ciertas «afirmaciones científicas» y si sabe argumentar su posicionamiento (en parte CG1), la evaluación se establece sólo a tres niveles:

## Pauta

0. No ha entendido la discusión planteada.
1. Ha entendido dónde está el punto de divergencia entre los alumnos A y B, pero no sabe argumentar ningún posicionamiento.
2. Es capaz de criticar los argumentos de uno de los dos alumnos (A o B) y de argumentar alguna razón coherente para afianzar la afirmación del otro alumno (A o B). La puntuación máxima de dos puntos se admite independientemente de que la conclusión del razonamiento no sea la correcta. Se puntúa si hay razonamiento argumentado.

Esta primera nota representa un 10% de la nota global de la unidad docente.

## Cuestionarios

Antes de empezar el juego de Boltzmann, y como primer instrumento de evaluación, se hacen preguntas *prelab* para que los alumnos planteen hipótesis a partir de la discusión en grupo y se hace una actividad de redacción individual de las diferentes argumentaciones. Un posible ejemplo del cuestionario planteado puede ser el siguiente:

### ■ Cuestionario *prelab* (CG1, CT11 y CT15):

- a. ¿Qué esperas que pase?, ¿cómo crees que quedarán repartidos los billetes entre los alumnos?
- b. ¿Qué probabilidad crees que tienes de no acabar con ningún billete de 1 EUR de Boltzmann?, ¿y con un billete?, ¿y con todo el dinero?
- c. ¿Crees que obtendremos la misma distribución final de billetes entre los alumnos si volvemos a empezar el juego en las mismas condiciones?

El objetivo de esta segunda parte es que a partir de la comparación de los resultados obtenidos al jugar al juego de Boltzmann de dos maneras, los alumnos desarrollen la capacidad de relacionar hechos e interpretar resultados aparentemente diferentes. Como instrumento de evaluación se utiliza también un cuestionario como el siguiente:

### ■ Cuestionario *lab* (en parte CE6, CG1 y CT11):

- a. ¿El juego de Boltzmann real y el virtual dan lugar a distribuciones diferentes de billetes de 1 EUR de Boltzmann entre los alumnos?
- b. ¿Se obtiene una distribución más probable en el juego real y en el virtual?, ¿es la misma?
- c. ¿Cómo justificas la diferencia en los resultados, si es que los hay?
- d. ¿Alguna de tus hipótesis iniciales se ha confirmado?

Una vez recogidos los resultados se trabaja el análisis de los datos para poder hacer a una interpretación de éstos. Como instrumento de evaluación de la interpretación de los resultados del juego se plantean unas preguntas *postlab* como las siguientes:

■ **Cuestionario *postlab*** (CG1, CE1, CE2, CE6, CT11, CT15):

- Los resultados indican que hay una distribución determinada (de billetes de 1 EUR de Boltzmann entre los alumnos) más probable que las otras pero, ¿por qué crees que es más probable?
- ¿Por qué la distribución más probable no es aquella en la que cada alumno tiene la misma cantidad de billetes de 1 EUR de Boltzmann?
- Explica con la analogía del juego qué pasa cuando el sistema gana energía.

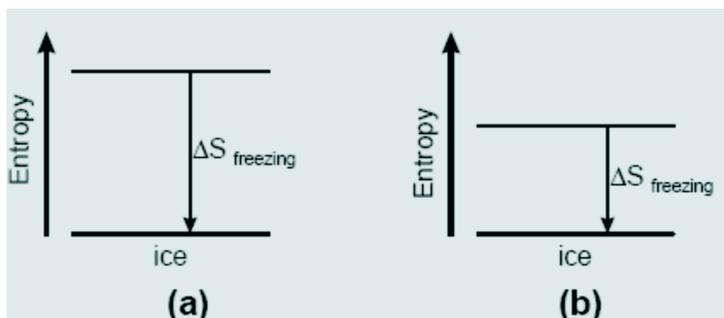
Las respuestas a cada uno de los cuestionarios se clasifican sobre una nota máxima de 10 puntos y su peso en la nota global de la unidad es de: *prelab* (10%), *lab* (10%), *postlab* (20%).

**Buena pregunta**

Esta buena pregunta en forma de problema termodinámico puesto en contexto evalúa la capacidad de resolver problemas por parte del alumno utilizando el pensamiento científico. Esta buena pregunta debe evaluar cómo el alumno desarrolla su razonamiento crítico para demostrar y aplicar lo que ha aprendido de termodinámica estadística en la primera parte de la unidad docente a la hora de hacer interpretaciones en un comportamiento de la naturaleza. También se evalúa la capacidad de argumentar con lenguaje escrito la respuesta a esta pregunta (CG1, CE1, CE2, en parte CE3, CT3, CT11, CT15). Se puntúa sobre 10 y corresponde al 50% de la nota global.

- El agua de mar contiene diferentes tipos de minerales disueltos y se congela a una temperatura más baja que el agua pura a la misma presión. La energía desprendida en forma de calor es la misma cuando se congela el agua de mar que cuando lo hace el agua pura, pero el cambio de entropía que experimenta el sistema no es el mismo.

¿Puedes explicar cuál de los dos diagramas dibujados representa el cambio entrópico del agua de mar cuando se congela y por qué?



Como ilustración de la evaluación que aquí se haría esquematizamos la respuesta a esta pregunta:

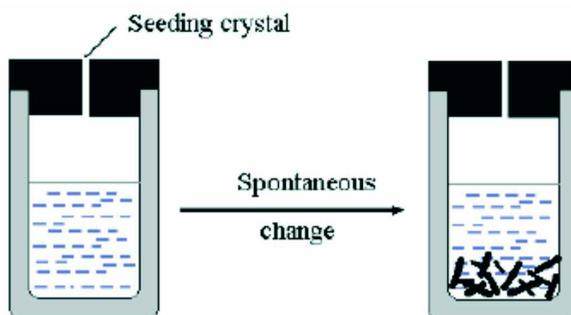
El agua de mar, por el hecho de ser una disolución líquida de dos componentes, tiene más entropía que la misma masa de agua líquida pura a la misma temperatura y presión. El agua de mar pierde, por lo tanto, más entropía al congelarse que el agua líquida, dado que la situación final del proceso de congelación es la misma (hielo). La respuesta correcta es el esquema a.

Para poder evaluar si con esta actividad el alumno ha adquirido las capacidades mencionadas anteriormente, en la resolución se deben ver reflejados los razonamientos siguientes:

El alumno debe utilizar la analogía del juego de Boltzmann para comparar la entropía del agua líquida (moléculas de agua) y la entropía del agua de mar (agua + minerales). La entropía del agua pura se da por las maneras de repartir la energía entre las partículas de agua (los billetes entre los alumnos). El alumno debería utilizar la analogía del juego y los ejercicios numéricos realizados en el apartado 2d para llegar a la ecuación de Boltzmann y aplicarla (cualitativamente) al sistema real, masa de agua líquida pura. Para hacer el mismo razonamiento para el agua de mar, el alumno ha de recurrir también a la analogía del juego, pero pensando en dos grupos de alumnos diferentes: moléculas de agua (alumnos clase A) y minerales (alumnos clase B) que juegan primero por separado, pero que después quieren encontrar de cuántas maneras pueden repartir el conjunto de billetes cuando juegan todos juntos. Aquí, el alumno está relacionando hechos, hechos y teoría, está interpretando un fenómeno real de forma cualitativa y está resolviendo un problema relacionado con la naturaleza utilizando contenidos de la termodinámica estadística.

Otro ejemplo de buena pregunta sería:

- b. Una disolución caliente de tiosulfato de sodio se deja enfriar muy poco a poco. Si se pone empeño en tener todo el material muy limpio, se puede conseguir mantener líquida esta disolución unos cuantos grados por debajo de su punto de congelación. Esta disolución subenfriada se guarda en un recipiente cerrado y aislado. Sin embargo, cuando se añade un cristal de tiosulfato de sodio de la disolución, la cristalización tiene lugar de forma espontánea. ¿Cómo explicas esta «ordenación» de la materia en un proceso espontáneo?



**Tabla resumen.** La tabla que añadimos al final de este documento se presenta como un resumen. La primera fila indica los objetivos que deben alcanzarse con esta unidad docente, donde tenemos: actitudes (espíritu crítico), capacidades (argumentar, plantear hipótesis, relacionar hechos, interpretar, relacionar hechos y teoría) y conocimientos (contenidos de termodinámica estadística y resolución de problemas). La primera columna indica las actividades de aprendizaje que se trabajan en esta unidad docente con el fin de conseguir los objetivos. En los cruces de la tablas se indican las herramientas de evaluación que han de servir para poder establecer si los objetivos realmente se han alcanzado (de color los cruces que realmente corresponden a parte de la evaluación en esta unidad docente concreta). Las «competencias» de las listas codificadas de los grados son realmente objetivos cognitivos que se quieren transmitir, pero que sólo se transforman en verdaderas competencias cuando se trabajan con el alumno en una actividad de aprendizaje y después se evalúan coherentemente. Así, por ejemplo, la capacidad de razonar críticamente sólo se convierte en competencia cuando se hace redactar al alumno una argumentación con respecto a su posicionamiento en un juego de rol y se evalúa esta argumentación con una pauta muy concreta. Otro ejemplo: la capacidad de relacionar hechos y teoría sólo se convierte en competencia cuando el alumno actúa en un experimento real o simulado, y a través de unas cuestiones concretas (*postlab*) se le evalúa sobre esta conexión observación-teoría.

**Tabla resumen. Ser capaz de plantearse preguntas con la finalidad de comprender el significado de magnitudes termodinámicas como la entropía**

Actividades de aprendizaje	Objetivos	Espíritu crítico	Argumentar	Plantear hipótesis
Leer textos		Juego de rol		
Trabajar en grupo		Juego de rol		<i>Prelab</i> Juego de Boltzmann
Redactar		Pauta de argumentar Juego de rol	PA* <i>Postlab</i> Buena Pregunta	<i>Prelab</i> Juego de Boltzmann
Experimentar				
Simular experimentos				
Recoger datos				
Calcular				
Analizar problemas				

\* Pauta de argumentación.

Nota: los cuadros de color indican los cruces de evaluación en esta unidad docente.

Relacionar hechos	Interpretar	Relacionar hechos-teoría	Entender el contenido de TE	Resolver problemas
	Buena pregunta			
	<i>Postlab</i> Juego de Boltzmann	<i>Postlab</i> Juego de Boltzmann	<i>Postlab</i> Juego de Boltzmann	Buena pregunta
<i>Lab</i> / Juego de Boltzmann	<i>Lab</i> / Juego de Boltzmann			
<i>Lab</i> / Juego de Boltzmann	<i>Lab</i> / Juego de Boltzmann			
Tablas / Juego de Boltzmann				
		Ficha de cálculos Juego de Boltzmann		
Buena pregunta	Buena Pregunta	Buena pregunta	Buena pregunta	Buena pregunta

## 11.6. REFLEXIONES FINALES

Como ya hemos indicado anteriormente, esta unidad docente se ha diseñado con el fin de conseguir que el alumno tenga unos conocimientos de termodinámica estadística (distribución de Boltzmann y entropía), pero siempre participando activamente en el aprendizaje. Se trata de transmitir unos conocimientos, pero de manera que el alumno también desarrolle al mismo tiempo unas capacidades y unas actitudes de científico realizando unas actividades de aprendizaje. Un alumno competente en pensamiento científico es aquel que se autoevalúa constantemente con buenas preguntas. Un alumno competente en pensamiento científico empieza llamando a la puerta del profesor para empezar una discusión sobre la entropía porque quiere saber realmente qué significa esta magnitud termodinámica: *I want to know what entropy really is!* A partir del trabajo riguroso sobre unas actividades planteadas, y siguiendo el proceso científico de modelización, se hará propio el aprendizaje y será capaz finalmente de dar las respuestas adecuadas al problema planteado. Conseguir este objetivo es nuestro reto también como docentes.



# 12. ACTIVIDADES DE DEMOSTRACIÓN, OBSERVACIÓN Y EXPLICACIÓN (DOE) EN EL AULA PARA LA ASIGNATURA DE FÍSICA PARA LA GEOLOGÍA (GRADO DE GEOLOGÍA)

Marià Baig i Aleu

## 12.1. INTRODUCCIÓN

El mes de septiembre del 2008 se presentó a la ANECA el proyecto del nuevo grado de Geología de la Universitat Autònoma de Barcelona. Los objetivos del nuevo grado se especifican de la manera siguiente: «El grado de Geología que se propone proporciona la formación necesaria para el conocimiento de la composición, la estructura y la dinámica de la Tierra y de sus materiales, así como de su origen y evolución temporal, capacitando a quien lo curse para utilizar dichos conocimientos, en los campos básicos de la profesión de geólogo, sea en su vertiente académica o aplicada.» El nuevo grado representa una clara renovación en el enfoque de los objetivos de la antigua licenciatura en ciencias geológicas, adaptados a las nuevas necesidades actuales, incluyendo, muy especialmente, nuevas cuestiones relacionadas con el medio ambiente y la gestión de los recursos naturales.

Los **descriptores de Dublín (Dx)** del nuevo grado marcan la orientación de los nuevos estudios:

- **D1.** Aplicar los conocimientos y los métodos específicos de las ciencias de la Tierra a las diferentes actividades profesionales en los ámbitos de la exploración de recursos, de la geotecnia, de la gestión del medio ambiente y de la gestión de riesgos.
- **D2.** Obtener, elaborar e interpretar datos geológicos para ser capaz de emitir juicios sobre temas importantes de carácter científico y social (por ejemplo, pautas de evolución pretérita y futura del planeta, gestión de recursos, respuesta del terreno, problemática ambiental, etc.) y para realizar predicciones en estos ámbitos.
- **D3.** Transmitir información relevante, argumentos razonados y conclusiones sobre temas relacionados con la Tierra y su uso, tanto para un público amplio como especializado.

- **D4.** Aplicar las habilidades de aprendizaje autónomo para la formación continuada tanto en el ámbito profesional como a través de estudios reglados posteriores.

En la elaboración del nuevo grado de Geología se han establecido una serie de **competencias** específicas y transversales que, en su versión más reducida, son las siguientes:

#### **Competencias específicas (Ex) del grado**

- **E1.** Comprender los fundamentos de la geología, siendo capaz de identificar y caracterizar los materiales que componen la Tierra y los procesos que los generan.
- **E2.** Analizar la dinámica de la Tierra y su estructura, tanto superficial como interna, y a diferentes escalas temporales y espaciales.
- **E3.** Disponer de un conocimiento adecuado de las otras disciplinas relevantes para las ciencias de la Tierra.
- **E4.** Recoger, analizar, representar datos y observaciones utilizando las técnicas adecuadas de campo y de laboratorio.
- **E5.** Integrar la información geológica con la finalidad de formular y comprobar hipótesis.
- **E6.** Conocer las implicaciones medioambientales de los procesos geológicos, así como la necesidad tanto de explotar como de conservar los recursos de la Tierra.

#### **Competencias transversales (Tx) del grado**

- **T1.** Transmitir adecuadamente la información, de forma verbal, escrita y gráfica, incluyendo el uso de las nuevas tecnologías de comunicación e información.
- **T2.** Capacidad para aprender y aplicar en la práctica los conocimientos adquiridos y para resolver problemas.
- **T3.** Analizar y utilizar la información de manera crítica.
- **T4.** Ser capaz de trabajar con autonomía.
- **T5.** Ser capaz de trabajar en equipo. Desarrollar los valores personales en cuanto al trato social y al trabajo en grupo.
- **T6.** Ser capaz de trabajar en entornos y localizaciones diferentes, apreciando y respetando la diversidad y la multiculturalidad.
- **T7.** Ser capaz de obtener información de textos escritos en lenguas extranjeras.
- **T8.** Tener capacidad de iniciativa y de adaptación a problemas y situaciones nuevas.
- **T9.** Poseer interés por la calidad y su praxis.

### Competencias generales de la UAB (Ux)

- **U1.** Desarrollar un pensamiento y un razonamiento críticos y saber comunicarlos de manera efectiva, tanto en las lenguas propias como en una tercera lengua.
- **U2.** Desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
- **U3.** Respetar la diversidad y pluralidad de ideas, personas y situaciones.
- **U4.** Generar propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.

### Competencias específicas de la asignatura de Física (Fx)

Entre las asignaturas de primer curso está la de Física para la geología, asignatura anual de 10 créditos ECTS, que ha de servir para consolidar —adquirir en muchos casos— unos conocimientos básicos y necesarios para abordar materias más especializadas, como la geofísica propiamente dicha, pero también las técnicas de análisis de materiales geológicos o la cristalografía. De acuerdo con los objetivos del nuevo grado, la asignatura de Física para la geología se ha diseñado para cumplir diversas de las competencias antes señaladas. Concretamente, en la «ficha» oficial de la asignatura se mencionan explícitamente las competencias **E3, T2, T3 y T4**. Adicionalmente, sin embargo, se incluyen también una serie de competencias específicas de la asignatura de Física para la geología (**Fx**), que podemos denominar, más propiamente, *subcompetencias*. Concretamente, las competencias específicas de la asignatura son que el alumno sea capaz de:

- **F1.** Conocer y comprender los fenómenos físicos básicos y su relación con los procesos geológicos.
- **F2.** Utilizar las matemáticas para describir el mundo físico, construyendo modelos adecuados, interpretando los resultados matemáticos y comparándolos críticamente con la experimentación y la observación.
- **F3.** Resolver tanto problemas definidos como problemas abiertos, identificar los puntos clave y diseñar estrategias para su resolución.

## 12.2. CONTEXTO DOCENTE

Es un hecho contrastado a lo largo de los últimos años que la mayoría de los alumnos que inician los estudios de Geología en la UAB no han cursado ninguna asignatura de Física en el bachillerato. El que hayan podido acceder a Geología ha sido posible porque se puede acceder a estos estudios a través de los estudios de Ciencias de la salud, habiendo escogido como materia de modalidad Ciencias de la Tierra y del medio ambiente, en lugar de Física. Esto origina unas claras diferencias de conocimientos iniciales entre unos (pocos) alumnos que sí que han cursado la asignatura de Física del bachillerato (los que han entrado por la vía científicotécnica) y una mayoría de alumnos que no la han cursado. Estos últimos han visto únicamente algunos temas de física en la ESO, dentro de asignaturas de Física y

Química y Tecnología. Como consecuencia, la mayoría de estos alumnos no conocen los principios básicos —ni el propio lenguaje— de la física.

Una vez en la facultad, los nuevos alumnos de geología se han encontrado con dos asignaturas semestrales de primer curso (Física I y Física II) con un programa que incluye los contenidos estándar de un curso de física general universitaria, y su preparación previa es muy poco adecuada para iniciar un curso de estas características. Por este motivo, a lo largo de los últimos años se ha ido adaptando el programa con el fin de conseguir, por una parte, una mejor actitud de los alumnos ante una asignatura que desde el principio consideran básicamente como un **obstáculo que deben superar** y, por otra, cambiar unos apriorismos que les hacen ver la física como una **mera colección de leyes, efectos y fórmulas que deben memorizar**. Esta adaptación ha propiciado que se hayan ido incorporando una serie de actividades diseñadas específicamente para hacer que los alumnos comprendan que la física es en realidad una ciencia que pretende el conocimiento de la naturaleza, dentro de la cual se incluye, en particular, todo el mundo propio de la geología.

Algunas de estas actividades, que se dirigen claramente hacia la adquisición de competencias **científicas**, las hemos agrupado dentro del bloque que hemos denominado “actividades de **demostración, observación y explicación** en el aula” y las hemos incorporado en el diseño del nuevo grado de Geología. El objeto de este capítulo son los aspectos competenciales de estas actividades, especialmente con respecto a su evaluación, aspecto que no estaba previsto en la antigua licenciatura.

Las actividades formativas de la asignatura de **Física para la geología** del nuevo grado de Geología de la UAB se han estructurado en tres bloques diferenciados:<sup>5</sup>

- a. **Clases teóricas**, compaginadas con tutorías y seminarios, con especial atención a las aplicaciones relacionadas con los fenómenos geológicos (6 ECTS).
- b. **Clases de problemas** y actividades dirigidas (2 ECTS).
- c. Actividades de **demostración, observación y explicación** en el aula (2 ECTS).

Los dos primeros bloques están constituidos por las actividades más «tradicionales», aunque en las clases denominadas «magistrales» se incorporan **seminarios** sobre temas geológicos, con el fin de acercar a los estudiantes a situaciones que les sean más próximas a sus intereses —la geología—, y que en las clases de «problemas», además de los típicos problemas y ejercicios se incluyan actividades «problemáticas», que se puedan elaborar en grupo bajo la supervisión de un profesor, en la línea de los denominados «problemas para aprender».

---

<sup>5</sup> El peso de los diferentes bloques es orientativo y se puede cambiar de acuerdo con las circunstancias de cada curso.

De forma general, podemos decir que la finalidad de todos estos cambios es la de romper una dinámica muy negativa en la que, por culpa de la rutina, las *clases de teoría* se pueden convertir en un *discurso unidireccional* del profesor hacia unos alumnos que se limitan «sólo» a tomar apuntes; donde las *clases de problemas* pueden convertirse en *clases magistrales de problemas resueltos*; y donde, finalmente, las *sesiones de laboratorio* pueden acabar siendo una simple *recogida de datos* a partir de unos aparatos más o menos informatizados para añadir a unos informes ya más o menos preparados desde el principio.

En el resto del capítulo nos centraremos en las actividades de **demostración, observación y explicación (DOE)** en el aula, que consideramos como una **unidad docente**, y por lo tanto evaluable, aunque se desarrollen dentro de la dinámica normal de las clases de la asignatura a lo largo de todo el curso.

### 12.3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD DOCENTE

Ya hemos comentado que estas actividades se han introducido poco a poco como paliativo de una situación circunstancial en lo referente a la preparación previa de los estudiantes. Lo más importante, sin embargo, es reconocer ahora el valor de estas actividades en la **formación por competencias** del nuevo grado de Geología. Siguiendo a Cañas, *et al.*, 2007 podemos decir que una persona ha adquirido **competencia científica** cuando es capaz **de utilizar** el conocimiento científico en contextos cotidianos; es capaz **de aplicar** los procesos que caracterizan las ciencias y sus métodos de investigación; y, finalmente, **muestra interés** por las cuestiones científicas y tecnológicas, reflexionando sobre la importancia que tienen desde una perspectiva personal y social. Como veremos a continuación, el objetivo básico de las actividades **DOE** es, precisamente, adquirir **competencia científica en el conocimiento de los fenómenos físicos**.

La adquisición de la **competencia científica** comporta el desarrollo de unas **determinadas capacidades (Cx)**; el conocimiento de unos determinados **contenidos** (tanto del mundo natural como de la misma ciencia, la física en nuestro caso); la elección de unos **contextos de interés** de la vida cotidiana adecuados al estudio de los contenidos científicos y tecnológicos; y finalmente la generación **de actitudes**, como el interés por la ciencia y la investigación (Cañas, *et al.*, 2007).

#### ■ Capacidades

En referencia a las capacidades, éstas se pueden clasificar en tres grupos (**Cx**); todas pueden identificarse claramente en las actividades **DOE**.

##### **C1. Identificación de cuestiones científicas.**

«Ser capaz de discernir ante un problema, una situación o un interrogante, si éste/a es susceptible de un tratamiento científico.» Éste, como veremos, es precisamente el punto de partida de toda actividad **DOE**, ya que se basa en la realización de una demostración previa, un pequeño experimento real, una filmación, o una simulación por ordenador.

## C2. Explicación científica de fenómenos.

«Ser capaz de aplicar los conocimientos de y sobre la ciencia para comprender los fenómenos de la naturaleza, saber describirlos, interpretarlos y predecir nuevos comportamientos, diferenciando entre fenómenos naturales y teorías científicas.» Es, evidentemente, el segundo paso en toda actividad **DOE**: la interpretación del experimento que se acaba de realizar de acuerdo con las leyes de la física, sea para comprobar, sea para inferir, las relaciones entre teoría y experimento.

## C3. Utilización de pruebas científicas.

«Ser capaz de utilizar los resultados y las conclusiones de la ciencia en la búsqueda de soluciones a situaciones o problemas cotidianos y en las argumentaciones a favor y en contra en un dilema.» Se trata de la tercera parte de una actividad **DOE**, que pretende no quedarse sólo con lo que se ha visto, sino extrapolar lo que se ha aprendido en el experimento con el fin de saber cuál es el alcance de lo que se ha estudiado y poder argumentarlo.

### ■ Contenidos

Los contenidos estudiados en las actividades **DOE** se centran, evidentemente, en la física. De todos modos, es muy importante hacer a una selección cuidadosa de los temas que deberán ser tratados, en particular, es preciso que sean importantes para la vida cotidiana y no únicamente desde el punto de vista académico. En este sentido, incluimos cuestiones relacionadas con la aplicación de la física a la vida cotidiana, considerando, tanto como sea posible, casos realistas y no únicamente ejemplos «de libro de texto» basados en situaciones ideales de forma extrema. También se tienen en cuenta las relaciones entre los contenidos más científicos (las leyes de la física) y sus aplicaciones técnicas (aparatos y sistemas).

### ■ Contextos de interés

Entendemos por **contextos** las situaciones o problemas diversos sobre los que se pretende conseguir la competencia científica. En el caso de las actividades **DOE** en la física para la geología, es importante que al menos una parte de las actividades tengan como contexto situaciones relevantes para el estudio de la Tierra. En este sentido, procuramos poner de relieve el papel de fenómenos puramente físicos —aparentemente alejados de la geología— en la dinámica de la Tierra. Un ejemplo de estas implicaciones se puede ver en Baig, 2005. Poder llegar a contextualizar los problemas de física es muy importante no únicamente para despertar el interés de los alumnos de geología ante un problema concreto de física, sino también para saber aplicar los conocimientos de física adquiridos en las situaciones reales del trabajo de un geólogo.

Introducir problemas con un **contexto rico** se está reconociendo, internacionalmente, como una medida muy importante para alcanzar una verdadera **comprensión** de los fenómenos físicos más allá del mero juego de aplicar unas determinadas fórmulas a unos datos preparados. En este sentido, se ha demostrado que se puede dar la paradoja de ser «competente» a la hora de resolver problemas de física, sin llegar, sin embargo, a comprender realmente los principios de la física (Kim y Pak, 2002).

## ■ Actitudes

La discusión posterior a la realización de una actividad **DOE** tiene que suscitar, de forma natural, una reflexión sobre el papel de la ciencia en general y de la física en particular en la sociedad actual, reflexiones muchas veces difíciles de introducir en la dinámica normal de una clase estándar. En este sentido, podemos remarcar que dentro del proyecto **ESA21** (Environmental Science Activities for the 21st Century) se han creado módulos sobre temas de medio ambiente que, incluidos en un curso de física general, se ha demostrado que son muy útiles para la concienciación cívica de los estudiantes sobre el impacto medioambiental del consumo doméstico de energía y otros temas de la vida cotidiana (Pratte, 2006).

Con esta última reflexión podemos concluir, pues, que los elementos fundamentales que conducen a la adquisición de la **competencia científica** están presentes de forma natural en el desarrollo de las actividades de **demostración, observación y explicación (DOE)** que se implementan en la asignatura de **Física para la geología**. A continuación, veremos con más detalle cómo está prevista la realización de estas actividades, los diferentes tipos que se están implantando, y los cambios que comportan en la evaluación de la asignatura.

## 12.4. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Las actividades de **demostración, observación y explicación (DOE)** se han utilizado básicamente para la evaluación de las ideas previas de los alumnos como un tipo más elaborado de *evaluación por entrevistas*. De forma general, se trata de poner al alumno ante una demostración física, pidiéndole que prediga el resultado de la demostración, y, una vez realizada, que considere el porqué de las diferencias —si las ha habido— entre la predicción inicial y la observación crítica del resultado.

Sin embargo, las actividades **DOE**, tal y como las consideramos, no sólo sirven para evaluar/explorar los conocimientos iniciales de los alumnos, sino que se dirigen principalmente a provocar un *conflicto* o *confrontación* en el alumno entre «lo que se piensa que pasará» y «lo que pasa realmente». Es bien conocido, y así está recogido en muchos **modelos de cambio conceptual**, que no basta con que los alumnos reciban **información** de los profesores que les digan que sus ideas preconcebidas pueden ser erróneas, sino que deben ser ellos mismos, a partir de **situaciones de conflicto**, los que lleguen a ser conscientes de las limitaciones de sus preconcepciones y de la necesidad de adoptar nuevas ideas. En este sentido, las actividades **DOE** son muy adecuadas en la enseñanza de la física, ya que sin necesidad de desarrollar toda la docencia en el laboratorio (como debería ser si siguiéramos los modelos más radicales de *aprendizaje activo*), se puede llevar «el espíritu del laboratorio» al aula, realizando en vivo experiencias que muchas veces se presentan simplemente extraídas de la literatura en forma de esquemas y de tablas de valores, descontextualizadas de las actividades que las han generado.

Las actividades **DOE** pretenden romper la diferenciación «física» entre los tres ámbitos clásicos sobre los que se ha trabajado en las asignaturas de física general —clases de teoría, clases de problemas y sesiones de laboratorio— proponiendo el planteamiento de *un problema* —una cuestión problemática—, a partir de *un experimento* —real o virtual— hecho en la *clase de teoría* —realizado por el profesor con la colaboración de los alumnos—, con el objetivo final de adquirir *una mirada física del mundo*, es decir, de aprender a pensar como un físico ante una situación real.

Una vez preparada una actividad **DOE**, se pide a los estudiantes que predigan qué esperan que pase —por escrito, con pulsador a distancia informatizado, etc.—, de manera que empiecen a pensar en el tema —que se vuelvan «mentalmente activos»— individualmente y después por parejas o en grupo, para que puedan discutir, si es necesario, cuando se quiera. A lo largo de la actividad no se explican «directamente» las cosas, sino que se procura trabajar los conceptos de manera que los estudiantes los «resuelvan» por ellos mismos. El uso de un **sistema de mandos de respuesta** adecuado<sup>6</sup> (**SCR**) puede facilitar la interacción con los alumnos, especialmente en los grupos numerosos, fomentando la participación en las consultas y permitiendo, al mismo tiempo, hacer un seguimiento individualizado de las respuestas, que quedan registradas de forma automática en el ordenador; este aspecto se deberá tener en cuenta para la evaluación de los progresos en la comprensión del tema.

Las actividades **DOE** pueden ser de muy diversos tipos, de acuerdo con las posibilidades de cada tema, pero básicamente distinguiremos tres: experimentos magistrales en el aula, estudio de proyecciones de vídeo y simulaciones por ordenador.

### a. Experimentos magistrales

Se tratan experimentos **reales** hechos en el aula con material de laboratorio o instrumentos históricos (o réplicas) a fin de que los alumnos vean actuar en vivo los elementos que se explican. Veamos ejemplos concretos.

1. **Estudio de la caída libre.** Entre los muchos experimentos de caída libre que pueden hacerse en vivo, uno muy simple —pero efectivo— consiste en utilizar un dispositivo que deja caer verticalmente una bola metálica por un lado, mientras lanza otra bola horizontalmente por el otro. El sonido del impacto de las bolas sobre la tarima marca el momento de la llegada al suelo de cada bola. El objetivo del experimento es comparar los dos movimientos de caída. El tratamiento mediante la interrogación de los alumnos a fin de que hagan predicciones de qué bola llegará antes al suelo resulta muy adecuado para poner de manifiesto sus preconcepciones en el estudio de la composición de movimientos.

---

<sup>6</sup> Existen diversos sistemas comercializados. Véanse, por ejemplo:  
<http://www.educlick.es/mandos.html>  
<http://www.avd-pro.com/audio-video/sistema-votacion-senteo.html>  
<http://www.powervote.es/es/educacion-voto-interactivo.html>

**2. Estudio de las bolas de Newton.** Se trata de un clásico dispositivo formado por una serie de bolas colgadas de unos hilos que pueden chocar las unas con las otras. Se fabrican incluso réplicas de instrumentos históricos.<sup>7</sup> Utilizado a veces como adorno de sobremesa, este dispositivo permite visualizar y experimentar los conceptos de conservación de energía y momento.

### **b. Filmaciones**

Se trata de proyectar y de analizar filmaciones de experimentos o de situaciones reales que no se pueden reproducir en el aula, ya sea porque son hechos en situaciones experimentales extremas (dentro del laboratorio espacial) o bien porque se realizan en momentos muy determinados (una puesta de sol). A continuación presentamos ejemplos concretos:

- 1. Comportamiento en situación de ingravidez.** Una serie de vídeos realizados en el laboratorio espacial de la NASA, en ausencia de gravedad,<sup>8</sup> muestran la ejecución de diferentes ejercicios de los astronautas. En esta situación, la primera ley de Newton se puede visualizar de una forma totalmente intuitiva, ya que se puede comprobar lo que realmente le pasa a un objeto en ausencia de fuerzas, sin que la presencia de la gravedad afecte a las observaciones.
- 2. Figuras de interferencia en olas sobre el agua.** Se proyectan unas filmaciones en las que se ven distintos lanzamientos de piedras en una superficie de agua quieta en un estanque. La propagación de las olas se aprecia perfectamente y se pueden ir presentando situaciones más complejas: con el lanzamiento de dos piedras al mismo tiempo se observan los fenómenos de interferencia; si hay una pared en un lado se puede ver la reflexión de las olas; si el agua está en movimiento se puede visualizar el efecto de arrastre de las olas, etc. (Baig, 2007).
- 3. Fenómenos ópticos naturales.** Visualizar la filmación de la caída de un rayo o todo un día de observaciones del cielo —concentradas en unos pocos minutos, desde la salida hasta la puesta del Sol— permite poder discutir y comentar los efectos ópticos que se manifiestan en la atmósfera (Baig, 2002).

### **c. Experimentos por ordenador**

Básicamente, se trata de utilizar miniaplicaciones de Java para los casos en los que, o bien no es posible la realización de los experimentos en vivo, o bien se quiere insistir en algunos aspectos que en directo no serían lo bastante apreciables. Aparte de numerosas páginas web con miniaplicaciones de Java más o menos bien preparadas, la industria editorial ha iniciado también la publicación de libros en formato digital basados en esta tecnología<sup>9</sup> con la pretensión de sustituir los libros de texto en papel. Veamos algunos ejemplos de aplicaciones docentes de las simulaciones digitales:

---

<sup>7</sup> Véase, por ejemplo, <http://www.pendulum.es>

<sup>8</sup> En realidad, una nave espacial en órbita se encuentra en caída libre, pero el efecto para los astronautas es el de ausencia de gravedad.

<sup>9</sup> Véase, por ejemplo, *Principles of Physics*, editado en formato CD-ROM por Kinetic Books Company.

1. **Movimiento oscilatorio.** Una simulación del movimiento de una bola suspendida de un muelle permite ir registrando su posición sobre una hoja en movimiento uniforme y dibujar un gráfico espacio-tiempo de forma totalmente intuitiva. El control sobre los parámetros del experimento virtual permite moderar —o incluso detener— el proceso con el fin de ir haciendo las preguntas u observaciones pertinentes.
2. **Trayectorias de proyectiles.** La simulación de la trayectoria de un proyectil permite, por ejemplo, poder dibujar sobre el móvil los vectores velocidad y aceleración para visualizar, así, cómo la aceleración permanece en todo momento constante —el vector es siempre paralelo— y observar el cambio en el vector velocidad.
3. **Circuitos de corriente continua.** Mediante las miniaplicaciones de Java se pueden hacer, también, verdaderos «experimentos» en un laboratorio virtual, por ejemplo combinando elementos de un circuito y disponiendo de los aparatos de medida adecuados (voltímetro y amperímetro).

## 12.5. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Tal y como hemos ido comentando, mediante las actividades **DOE** se trabajan directamente muchos de los diferentes aspectos propios de la **competencia científica en el conocimiento de los fenómenos físicos**. Sin embargo, podemos desglosar y analizar las diferentes competencias específicas y transversales enumeradas en las directrices del grado de Geología. De acuerdo con la relación de competencias establecida en la introducción, podemos decir que las competencias trabajadas directamente —y que serán evaluadas— en las actividades **DOE** son las siguientes:

- Conocer una disciplina necesaria para las ciencias de la tierra y su lenguaje específico —la física— (competencias E3, F1 y F3).
- Resolver problemas relevantes (competencias T2 y F3).
- Desarrollar el pensamiento crítico con respecto a este tema (competencias T3 y U1).
- Trabajar con autonomía (competencias T4 y U3).

Es muy importante que las actividades **DOE** sean evaluables y que la evaluación considere el grado de adquisición de las diferentes competencias. Para poder conseguir este fin, hemos diseñado cuatro tipos de actividades de evaluación:

- **SCR:** se trata de utilizar el **sistema de mandos de respuesta** a fin de poder ir controlando a tiempo real si los alumnos comprenden la actividad que se desarrolla. Dejando de lado que esta actividad se puede utilizar para hacer una diagnosis inicial (identificar *misconceptions*, ideas preconcebidas, contactos previos con la situación, etc.), podemos distinguir dos situaciones en las que el sistema de mando de respuestas resulta de utilidad.

- a. **SCR – interactivo:** se trata de ir controlando a lo largo del desarrollo de la actividad la evolución de los conceptos. Se pueden registrar de forma individualizada las respuestas de los alumnos a las diferentes cuestiones que se van planteando para poder comprobar su evolución.
  - b. **SCR - final:** se trata de hacer un test de respuesta múltiple y de recoger los resultados individualmente para valorar la adquisición de conocimientos una vez acabada la actividad.
- **Informe DOE:** con el fin de garantizar la atención y para hacer que los alumnos reflexionen sobre las observaciones realizadas, se les pide un informe individual sobre lo que han aprendido durante la actividad. Deberán explicar —verbalizando— lo que han visto y contestar una serie de preguntas sobre la posible aplicabilidad a otros fenómenos relacionados. En este trabajo se valorarán especialmente la capacidad de expresión, la capacidad de síntesis y la claridad en la exposición de los conceptos.
  - **Examen:** en los exámenes escritos de la asignatura —finales o parciales— se incluirán cuestiones que hagan referencia explícita a alguna de las actividades **DOE** desarrolladas en clase, que, sin embargo, se valorarán dentro de la unidad docente **DOE**. Es importante incluirlas en los exámenes para que los alumnos no disocien estas actividades «diferentes» del trabajo «normal» de clase.
  - **Diseño de una nueva actividad DOE:** se trata de un trabajo final, preferiblemente hecho en grupo, en el que se pide a los alumnos que propongan nuevas actividades **DOE** para trabajar en clase: nuevos materiales para mejorar alguna de las actividades (vídeos didácticos, miniaplicaciones...); propuestas de nuevos temas para tratar; propuestas de experimentos, etc.; deberán presentarse por escrito de forma concreta, justificada y razonada. En este tipo de actividad se valorará especialmente la capacidad de los alumnos de aplicar las ideas aprendidas a nuevas situaciones.

Puesto que las actividades **DOE** se van realizando a lo largo de todo el año, se irán recogiendo de forma individualizada los resultados de las actividades de evaluación 1 y 2, que representan globalmente un 60% de la nota, y, en el momento oportuno, se valorarán las actividades 3 y 4, con un 20% cada una.

La **tabla resumen** adjunta muestra de qué forma las diferentes actividades de evaluación mencionadas anteriormente resultan útiles para la valoración de la adquisición de estas competencias.

**Tabla resumen. Las actividades de evaluación**

A	C	T2	T3	T4	U1	U3	F1	F2	F3
SCR – interactivo		X	X	X		X			
SCR – final	X				X		X		X
Informe DOE			X					X	X
Exámenes	X						X	X	X
Diseño DOE		X		X	X				X

La cruz en la intersección denota que mediante la actividad indicada en la fila se pueden evaluar específicamente las competencias indicadas en las columnas respectivas.

## 12.6. REFLEXIONES FINALES

En este capítulo hemos presentado una serie de actividades diseñadas para la asignatura de Física para la geología, del primer curso del nuevo grado de Geología de la UAB. Estas actividades, que hemos denominado **actividades de demostración, observación y explicación (DOE)**, se desarrollan en el aula y ya se han ido introduciendo a lo largo de los últimos años con el fin de que se familiaricen con la física unos alumnos que llegan a la facultad con pocos conocimientos previos, pero que ahora resultan muy adecuados para la **formación por competencias**.

Podemos decir que el objetivo esencial de las actividades **DOE** es que los alumnos **se acerquen a la física de una forma natural**, relacionada con la realidad de las cosas, y que no la vean como un recetario de fórmulas y problemas «cerrados» que sólo sirve para pasar exámenes. Más concretamente, podemos decir que estas actividades pretenden fomentar que los alumnos **se cuestionen, verbalicen y dialoguen** entre ellos —y con el profesor— sobre las situaciones físicas que están viendo, de tal manera que se familiaricen con el lenguaje propio de la física y que sean capaces de comprender el origen de las fórmulas y ecuaciones que aparecen en su modelización matemática.

Después de justificar que estas actividades se dirigen directamente a la adquisición de la **competencia científica en el conocimiento de los fenómenos físicos**, hemos presentado diversos tipos y ejemplos concretos de actividades **DOE** adecuadas para la asignatura de Física para la geología: experimentos en vivo ante los alumnos, proyecciones de vídeo, o simulaciones mediante miniaplicaciones de Java. Un punto muy importante en el desarrollo de estas actividades es la participación de los alumnos en las discusiones. En este sentido, hemos visto cómo se puede reconducir este diálogo, con el uso de un sistema de mandos de respuesta adecuado, registrando individual o colectivamente los resultados de las preguntas que se les formulan. De este modo, las actividades **DOE**, junto con las otras actividades de evaluación que también hemos comentado, son evaluables y tienen su peso en la calificación final de la asignatura.



# BIBLIOGRAFÍA

ALLEN, D.; DUCH, B. *Thinking toward solutions: problem-based learning activities for general biology*. Florida: Saunders College Publishing, 1998.

ALLEN, J.; RAMAEKERS, G.; VAN DER VELDEN, R. *La medición de las competencias de los titulados superiores*. En VIDAL GARCÍA, J. *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.

ARBOIX, E., et al. *Marc general per a l'avaluació dels aprenentatges dels estudiants*. Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari a Catalunya, 2003.

ARNAU, L.; ZABALA, A. *Cómo aprender y enseñar competencias*. Barcelona: Graó, 2007.

BAIG, M. *Óptica atmosfèrica, la física del paisatge*. En: JOU, D.; LLEBOT, J. E. (ed.) *Física de la quotidianitat. Aula de Ciència i Cultura*, 17: Fundació Caixa de Sabadell, 2002, p. 115-127.

– Realitat, modelització i matemàtica en problemes de Física. En: *Resoldre problemes per aprendre. EINES-2*, 2005, p. 21-28.

– Einstein per als més petits. *GUIX*, 326-327, 2007, p. 16-20.

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.

BARROWS, H. S. *Problem-based learning: An approach to medical education*. Nueva York: Springer, 1980.

BENITO, A.; CRUZ, A. *Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Narcea, 2005.

CAÑAS, A.; MARTÍN-DÍAZ, M. J.; NIEDA, J. *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico. La competencia científica*. Madrid: Alianza Editorial, 2007.

*Carpets d'aprenentatge a l'educació superior: una oportunitat per repensar la docència*. UAB, IDES, 2008.

CARRASQUER, P., et al. *Aprenentatge cooperatiu en Ciències Socials*. UAB, IDES, 2006.

- CARRETERO, M.; RODRÍGUEZ MONEO, M. Ideas previas y cambio conceptual. *Postgrado en Constructivismo y Educación*. Buenos Aires: FLACSO-Argentina i UNAM, 2007.
- COLL SALVADOR, C. *et al.* Avaluació continuada i ensenyament de les competències d'autoregulació (Una experiència d'innovació docent). *Quaderns de Docència Universitària*. Universitat de Barcelona, 2007.
- DELORS, J. (ed.). *La educación encierra un tesoro*. Madrid: Santillana-Unesco, 1997.
- ESTEVE RUESCAS, O.; ARUMÍ RIBAS, M. La evaluación por competencias y el portafolio del estudiante: dos experiencias en asignaturas de lengua alemana y de interpretación simultánea. Universitat Pompeu Fabra, 2002.
- EUNSOOK, K.; PAK, S.-J. Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems. *American Journal of Physics*, 70, 2002, p. 759-765.
- FENWICK, T.; PARSONS, J. *The art of evaluation, a handbook for educators and trainers*. Canadá: Thomson Educational Publishing, 2000.
- GENÉ, J.; PIVIDORI, I. Objetivos de aprendizaje y actividades cooperativas: experiencias para favorecer el aprendizaje autónomo en el área de la química analítica. Red Estatal de Docencia Universitaria (REDU), *Seminario Internacional: El desarrollo de la autonomía en el aprendizaje*, julio de 2007.
- GALCERAN, M. T.; MANS, C.; JORBA, J. El LAI (Laboratory Assessment Inventory): un instrumento de evaluación de la docencia experimental. *IIas Jornadas Internacionais sobre o Ensino da Química*. Vigo, 12-14 de septiembre de 1996.
- GONZÁLEZ, J.; WAGENAAR, R. (eds.) *Tuning Educational Structures in Europe. Final Report-Phase One*. Bilbao: Universidad de Deusto-University of Groningen, 2003.
- Guia del portafoli de l'estudiant*. Materials docents. Oficina de Coordinació i Avaluació Acadèmica (OCCAA). Facultat de Ciències de la Salut y de la Vida, 1985.
- GUIDONI, P. On natural thinking. *European Journal of Science Education*, 1985.
- 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.
- LASNIER, F. *Réussir la formation par compétences*. Mont-real: Guérin, 2000.
- LE BOTERF, G. *Ingeniería de las competencias*. Barcelona: Gestión 2000, 2001.
- MILLER, A. H.; IMRIE, Bradford; COX, Kevin. *Student assessment in higher education*. Londres: Kogan Page, 1998.
- MILLER, G. E. The assessment of skills/competences/performance. *Academic Medicine (Supplement)*, 1990, n° 65, p. 63-67.

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).

PERKINS, D. N. *Knowledge as design*. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates, 1986.

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

PRADES, A. (2005). *Les competències transversals i la formació universitària*. Universitat de Barcelona [Tesis Doctoral]. Disponible en: [http://www.tdx.cesca.es/TESIS\\_UB/AVAILABLE/TDX-0404106-114952/](http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UB/AVAILABLE/TDX-0404106-114952/). Fecha de consulta: 25 de enero de 2007.

PRATTE, J. M. Engaging Physics students using environmental lab modules. *The Physics Teacher*, 44, 2006, p. 301-303.

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

RUE, J.; MARTÍNEZ, M. *Les titulacions UAB en l'Espai Europeu d'Educació Superior*. Barcelona: UAB, IDES, 2005.

SANMARTÍ, N. *La didáctica de las ciencias en la educación*. Madrid: Síntesis Educación, 2002.

TAMIR, P.; GARCÍA, M. P. *Característiques dels exercicis de laboratori inclosos en els llibres de text i de ciències de Catalunya*. Enseñanza de las Ciencias, 1992.

*Treballem les competències en química. Elaboració d'activitats i material docent per a una metodologia d'aprenentatge actiu a l'aula. Projecte d'innovació docent*. Responsable del projecte: Jordi Gené. UAB, 2006.

VIA GIMÉNEZ, A. *Dels continguts a les competències en els crèdits de Formació Professional: una nova perspectiva docent. Llicència d'estudis (modalitat B3 de dedicació compartida, temàtica 2. Currículum i innovacions)*. IESM Narcís Monturiol, septiembre de 2008.





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**