

Cómo aplicar el método científico en los laboratorios de ciencias y tecnología

⁽¹⁾María Martínez, Moisès Graells, Ana Cadenato, Beatriz Amante, Josep Jordana, Roser Gorchs, M. Núria Salán, M. Dolores Grau, Isabel Gallego, María José Pérez.

*Institut de Ciències de l' Educació (ICE-UPC).
Universidad Politécnica de Cataluña, Edificio Vèrtex (Campus Nord)
Pza. Eusebi Güell 6, 08034 Barcelona, España
⁽¹⁾rosario.martinez@upc.edu*

Resumen: La presente comunicación es parte del resultado de un proyecto financiado por la AQU (Agencia para la Calidad del Sistema Universitario de Cataluña, resolución 11 de diciembre de 2007), para la elaboración de una guía de evaluación de competencias en los laboratorios en el ámbito de ciencias y tecnología.

El punto de partida es la identificación y definición de la competencia específica "Aplicar el método científico para la resolución de problemas" en los laboratorios de Ciencias y Tecnología. A partir de la definición de los componentes que configuran la competencia específica, se establecen unos niveles competenciales y se proponen unas rúbricas o criterios de calidad como instrumentos de evaluación en función de dichos niveles.

La integración de esta competencia supone un cambio en el diseño de actividades formativas y el replanteamiento de la metodología docente, en los tres momentos claves: pre-laboratorio, laboratorio y post-laboratorio.

Se pretende, que partiendo de actividades y/o experimentos que se llevan a cabo actualmente en el laboratorio, se adquieran las competencias de medir, diseñar ensayos o experimentos, correlacionar datos, modelizar y predecir el comportamiento de un sistema, además de tomar decisiones en función de la información y el conocimiento adquirido en el laboratorio. El laboratorio, pues, debe ser el lugar donde escenificar la práctica del método científico como herramienta para resolver problemas prácticos.

Palabras Clave: Laboratorios de ciencias y tecnología; método científico; competencia específica, niveles competenciales.

Abstract: This paper is part of a project financed by Catalan University System Quality Agency, in order to develop a science and technology laboratory competences evaluation guide.

In this guide we do the identification and definition of specific competences in sciences and technology laboratory. Concretely, we talk about "How to apply scientific method for problem solving". We need to identify and to evaluate specific competences, for that we must define skills levels, and evaluation rubrics to measure the acquired level.

The methodology used in all examples in this guide, show three important and different states in the laboratory: pre-lab, lab and post-lab. We do activities using this methodology to develop some specific skills (like "how to measure, how to do test design, how to do data correlation, how to model, how to do system behavior prediction, how to make decisions based on information and lab acquisitions knowledge"), and some content.

We will demonstrate that the laboratory should be a good place to apply scientific method for problem solving.

Keywords: Science and Technology Laboratories, scientific method, specific competence or skills, competence levels

1. Introducción

Cada vez es más común la coincidencia entre diversos autores acerca de la existencia de una falta de integración de los laboratorios de ciencias y tecnología en el contexto de las materias/asignaturas universitarias, llegándose incluso a detectar una pobre eficacia de las actividades de laboratorio en el proceso de aprendizaje del alumnado en titulaciones universitarias de estos ámbitos [1,2]. Esta aparente contradicción se podría explicar por diversos motivos, entre los que destaca el hecho de que, generalmente, los objetivos formativos y los resultados de aprendizaje de las sesiones de laboratorio no están suficientemente explícitos. Además, la metodología utilizada no siempre es la más adecuada para motivar al alumnado, perdiéndose la potencialidad de estas sesiones como elemento clave en la formación de profesionales. Las principales limitaciones de las sesiones de laboratorio podrían ser:

- La falta de participación del alumnado en el diseño de los experimentos, recibiendo el material junto con una especie de “receta” que le permita desarrollar un procedimiento para llegar a un resultado, que puede ser un dato o un producto físico. Con esta metodología “tradicional”, se transmite al alumnado la idea de que el único objetivo es la correcta ejecución de la “receta” que se demuestra por la obtención del resultado y que sólo obtendrá una buena valoración o evaluación si el resultado es “correcto”.
- La limitación de tiempo disponible para el desarrollo de la experiencia, que a menudo hace que el alumnado sólo tenga opción de “hacer” y no pueda entretenerse en “aprender”. Esta sensación se agrava si el laboratorio constituye una parte aislada de una asignatura, cuya función se convierte en la comprobación de conocimientos o la utilización de equipamientos de laboratorio.

Algunas alternativas para minimizar estas limitaciones y aumentar la eficacia en el aprendizaje del alumnado en los laboratorios, implican cambios metodológicos importantes, como la planificación de actividades pre-laboratorio [3,4] que formen parte esencial para el correcto desarrollo del experimento global, y en las que se especifiquen los objetivos formativos desde el punto de vista de los resultados esperados en la actividad a realizar en el laboratorio [5,6]. Otro elemento motivador consistiría en dividir el experimento o actividad en diversas etapas breves, de modo

que el alumnado adopte un rol de investigador novel, asumiendo la responsabilidad de sus propios resultados, e incorporando las competencias específicas y transversales asignadas a la actividad, de manera gradual y coherente, en la planificación del conjunto de actividades del laboratorio, teniendo en cuenta también el post-laboratorio [4,7,8].

El objetivo de este trabajo es proporcionar al profesorado recursos e instrumentos que le permitan adaptar las actividades de los laboratorios de ciencias y tecnología, mediante una planificación de objetivos, una descripción de la metodología y evaluación, de acuerdo con la adquisición de la competencia específica *Aplicar el método científico para la resolución de problemas*, definida como propia del ámbito de estos laboratorios.

2. La competencia específica “Aplicar el método científico para la resolución de problemas”.

Acudir a un laboratorio docente únicamente para adquirir habilidades (manuales, mecánicas) en el uso de diferentes equipos y para validar conceptos teóricos, produce un aprendizaje poco significativo que no prepara para resolver problemas nuevos. Por lo que deber replantearse el laboratorio como el lugar para escenificar la obtención de información y generación de conocimiento necesarios para poder tomar decisiones y resolver problemas [9]. La competencia específica “Aplicar el método científico para la resolución de problemas en los laboratorios del ámbito de ciencias y tecnología” es una combinación de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten al alumnado dar una respuesta satisfactoria a una determinada situación.

Para introducir la competencia específica en los laboratorios de ciencias y tecnología, sólo es necesario adaptar las actividades que actualmente se desarrollan en los laboratorios a este nuevo concepto, más amplio y centrado en el aprendizaje. No se puede considerar que dicha competencia se vaya a adquirir de forma automática, sin necesidad de formulación de objetivos ni de herramientas de evaluación [2]. Es por ello importante que ésta se introduzca de forma progresiva, a medida que el alumnado avanza en su proceso de aprendizaje, no únicamente en una sesión o una asignatura

independiente, por lo que es imprescindible definir niveles competenciales y rúbricas donde se detallan criterios de calidad específicos para las actividades formativas que se van a desarrollar en el laboratorio.

2.1. Componentes y elementos de la competencia específica

Para facilitar la comprensión, incorporación, desarrollo y evaluación de la competencia, específica se han definido una serie de componentes y elementos que los componen y se recogen en la Tabla 1. Sin embargo no siempre todos se darán en el mismo orden ni con la misma intensidad.

Tabla 1: Componentes y elementos que forman parte de la competencia específica

Componentes	Elementos
Medir/Adquirir	Adquirir datos, experimentales o de cualquier otra índole. Registrar y documentar, de forma sistemática y fiable, datos, resultados y condiciones del experimento. Expresar correctamente datos y resultados. Utilizar herramientas o instrumentos necesarios para la realización de experimentos calibrados previamente.
Experimentar	Plantear y comprobar hipótesis. Aplicar técnicas instrumentales u operaciones básicas de laboratorio. Planificar, diseñar, y ejecutar experimentos, prototipos, protocolos y/o investigaciones de carácter científico-tecnológico. Gestionar los datos obtenidos, representándolos y analizándolos correctamente. Analizar datos estadísticamente y valorar la fiabilidad de los resultados obtenidos.
Modelizar	Proponer, plantear y escoger modelos matemáticos (analíticos y/o numéricos) que describan los resultados experimentales. Calcular o estimar los parámetros del modelo escogido y ajustarlo con los datos. Establecer los límites del modelo, analizando y discutiendo la validez de los modelos (capacidad de extrapolación y de interpolación, influencia de factores o variables externas, etc.). Validar o verificar, mediante la observación/experimentación, los modelos propuestos.
Proyectar/Predecir	Utilizar el modelo obtenido para hacer predicciones, simulaciones y cálculos en casos de interés. Establecer la confianza o estabilidad de la predicción. Optimizar los medios para la ejecución del experimento o investigación. Argumentar los resultados y extraer conclusiones.
Decidir	Asumir riesgos en función de la confianza en el modelo y las predicciones. Tomar decisiones en función de las conclusiones y de la viabilidad (técnica, económica, etc.) de las propuestas. Comunicar, exponer y defender las conclusiones y decisiones tomadas.

2.2. Niveles competenciales de la competencia específica

Los niveles competenciales constituyen un marco de referencia el cual, definido a lo largo de las materias y la titulación, permite adaptar los elementos que forman parte de la competencia específica a las características de una asignatura, actividad o grupo de alumnado. Las actividades pueden estar comprendidas en más de un nivel, ya que en una misma asignatura se pueden trabajar diferentes niveles competenciales. Para esta competencia específica se han definido 4 niveles competenciales, de menor a mayor complejidad, pensados como instrumentos de medida para uso del profesorado, sin embargo pueden constituir una orientación para la elaboración de instrumentos facilitadores de la autoevaluación y la coevaluación entre el alumnado u otros agentes evaluadores. En la Figura 1 se muestran los distintos niveles de los componentes “Medir/Adquirir” y “Decidir”, resto se pueden encontrar en la guía completa [10].

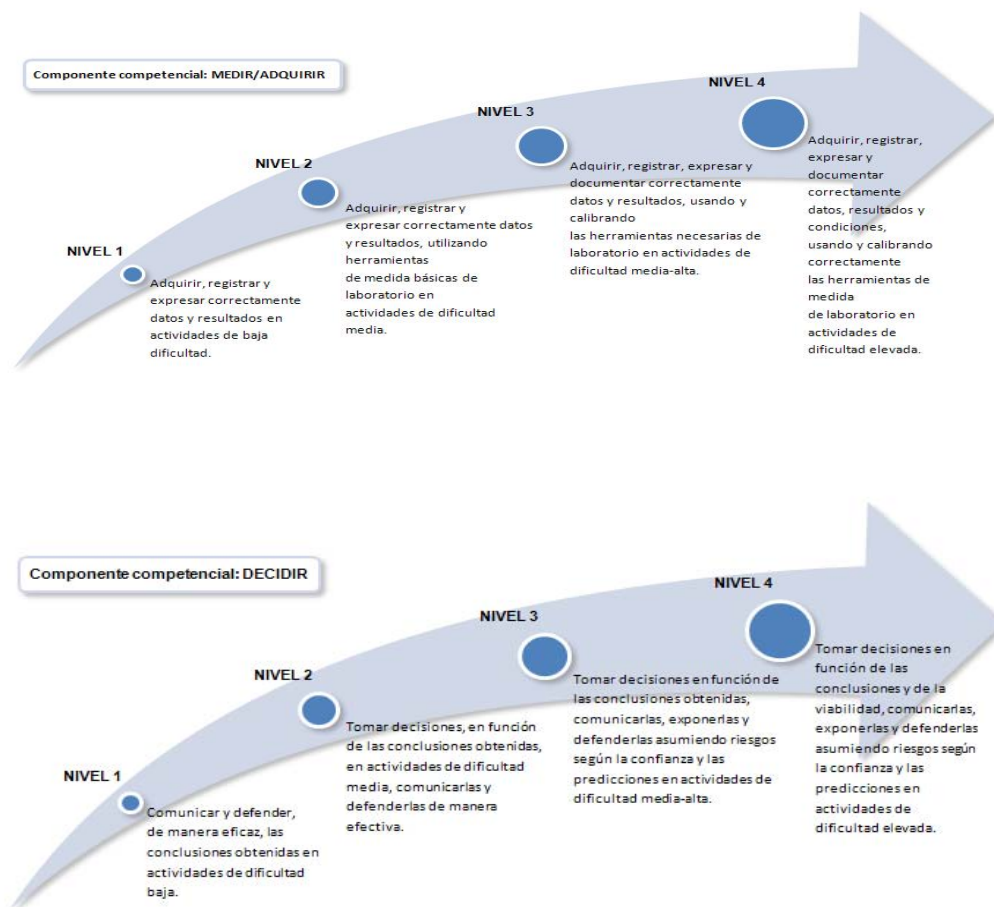


Figura 1. Niveles competenciales de dos componentes de la competencia específica

3. Integración y evaluación de la competencia específica en los laboratorios de ciencias y tecnología

En el momento de integrar, desarrollar y evaluar la competencia específica, deberían tomarse decisiones que se fundamenten en el contexto de la materia/asignatura y reflexionar sobre qué actividades se plantean en el laboratorio.

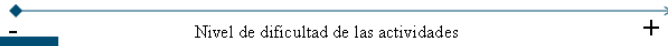
3.1. Planificación de las materias/asignaturas

Durante el proceso de planificación de las materias/asignaturas, se han de considerar los aspectos vinculados con el propio plan de estudios: objetivos generales y específicos de aprendizaje, competencias específicas, genéricas o transversales propias de la titulación que han de ser trabajadas en la materia o asignatura, indicando el nivel competencial y qué otras materias o asignaturas trabajan las mismas competencias. Así, se garantiza que estén distribuidas a lo largo de la titulación para que el alumnado adquiera el nivel esperado de cada una de las competencias establecidas en dichos estudios. A partir de aquí, el profesorado responsable de la materia o asignatura ha de describir qué contenido se va a tratar, identificando cómo contribuye a la titulación, definiendo unos objetivos específicos y resultados de aprendizaje desde el punto de vista de lo que ha de ser capaz el alumnado al finalizar el proceso formativo (evidencias de la adquisición de los objetivos formativos).

El siguiente paso consiste en explicitar qué actividades pueden garantizar la adquisición de las competencias de un modo progresivo y coherente con lo establecido en la titulación, describiendo una metodología y un sistema de evaluación que permita tener evidencias del progreso y aprendizaje del alumnado.

La elección de las actividades no debería realizarse por el número total de éstas, sino por su contribución a la adquisición de la competencia por parte del alumnado. Es conveniente que estén distribuidas a lo largo del proceso formativo, de modo que el grado de dificultad vaya en aumento, partiendo del nivel inmediatamente inferior y encaminado a la adquisición de la competencia, hasta los resultados esperados para el nivel competencial definido. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de una planificación de actividades de primer nivel competencial, el resto puede encontrarse en guía [10].

PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES						
	COMPONENTES COMPETENCIALES	ACTIVITATS				
		ACT1. NOMBRE	ACT2. NOMBRE	ACT3. NOMBRE	ACT4. NOMBRE	ACT5. NOMBRE
NIVEL 1	MEDIR / ADQUIRIR					
	EXPERIMENTAR					
	MODELIZAR					
	PROYECTAR / PREDECIR					
	DECIDIR					


 Nivel de dificultad de las actividades




LEYENDA	
	Actividades Pre - laboratorio
	Actividades Durante el laboratorio
	Actividades Post - laboratorio

Figura 2. Ejemplo de planificación de actividades para introducir la competencia específica

3.2. Diseño de actividades para el desarrollo de la competencia específica

La planificación y el diseño de las actividades de aprendizaje han de garantizar durante el proceso formativo la adquisición de los objetivos formativos y el desarrollo y la adquisición de las competencias definidas en el marco de la materia/asignatura. Para ello, hay que tener en cuenta el momento en que se sitúa cada actividad formativa concreta, en relación con el resto de actividades de la asignatura, para que el aprendizaje sea gradual. Es importante especificar cómo contribuye dicha actividad al proceso de aprendizaje del alumnado y asegurar la coherencia con la metodología docente y el sistema de evaluación.

Todas las consideraciones recogidas en el párrafo anterior, se han de contemplar distinguiendo los momentos de la actividad formativa en función de los diferentes objetivos de aprendizaje asociados a las etapas pre-laboratorio, durante el laboratorio y post-laboratorio. Así pues, además del procedimiento propiamente experimental, diseñar las actividades de aprendizaje implica:

- Desarrollar e identificar los contenidos a trabajar durante la actividad.
- Definir objetivos y resultados de aprendizaje de cada actividad.
- Definir la metodología, explicitar qué actividades formativas pueden garantizar la adquisición de la competencia de modo progresivo y coherente con los objetivos de aprendizaje previstos y la dedicación de tiempo por parte del alumnado tanto fuera como dentro del laboratorio.

- Definir estrategias e instrumentos de evaluación que permitan tener evidencias del progreso y aprendizaje del alumnado.

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

Los elementos descritos quedan recogidos en la Figura 3, en la que se muestra un modelo de ficha propuesto, la cual es recomendable facilitar al alumnado desde el inicio, acompañada de materiales, documentación o bibliografía que permita su desarrollo.

DATOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD	
MATERIA / ASIGNATURA:	
NIVEL COMPETENCIAL:	COMPONENTES DE LA COMPETENCIA:
Nº DE ACTIVIDAD:	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD:
TIEMPO DE DEDICACIÓN DEL ALUMNADO A LA ACTIVIDAD	
Pre-laboratorio: ____ h. Durante laboratorio: ____ h. Post laboratorio: ____ h.	
DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD	
CONTENIDOS QUE SE TRABAJAN EN LA ACTIVIDAD	
OBJETIVOS Y RESULTADOS DE APRENDIZAJE	
Han de ser coherentes con los objetivos y resultados de aprendizaje establecidos para la materia/asignatura y con el nivel competencial en el que se sitúa la actividad	
Objetivos y resultados de aprendizaje propios de la actividad	
Objetivos y resultados de aprendizaje de las competencias (conforme al nivel competencial)	
METODOLOGÍA DE LA ACTIVIDAD	
En este apartado se describirán las actividades de pre-laboratorio, durante y post-laboratorio que permitirán al alumnado desarrollar la competencia, considerando siempre su coherencia con los objetivos y resultados de aprendizaje establecidos y con el nivel competencial asociado.	
EVALUACIÓN: ESTRATEGIAS, INSTRUMENTOS, CRITERIOS Y CALIFICACIÓN	
Coherente con los objetivos y resultados de aprendizaje, con el nivel competencial y con la metodología definida. La calificación ha de considerar la dedicación que se requiere del alumnado, su contribución al proceso de aprendizaje (respecto al resto de actividades que conforman la materia) y el peso que tendrá en la calificación final del alumnado.	

Figura 3: Modelo genérico de ficha de actividades.

Es necesario que la planificación general de las diferentes actividades sea pública para el alumnado y disponible con anterioridad al inicio del periodo formativo, especialmente las que proporcionan evidencias de la evolución del proceso de aprendizaje [11], así como la incorporación de un plan de mejora donde el profesorado pueda introducir sus valoraciones y reflexiones sobre el desarrollo de la actividad que permita al alumnado progresar en su aprendizaje a lo largo del periodo formativo.

En el documento completo de la guía y en su Anexo 4 [10], se pueden consultar diferentes ejemplos correspondientes a los cuatro niveles competenciales y a diferentes ámbitos de laboratorios de ciencias y tecnología. Los autores proponen diferentes actividades, que son adaptaciones de “experimentos reales” que se están realizando actualmente en sus laboratorios docentes, en las que se ha especificado la además de correspondiente ficha, la relación directa entre cada uno de los componentes y elementos de la competencia específica que se integran y desarrollan durante los diferentes momentos (Pre, durante y post-laboratorio) de la actividad en el laboratorio. También y con el fin de contextualizar y relacionar cada actividad con el mundo profesional, se ha planteado inicialmente una “escenificación” o problema real a resolver en el que el alumnado ha de tomar decisiones.

3.3 Evidencias e instrumentos de evaluación de la competencia específica

Se identifican como *evidencias* aquellos productos de aprendizaje proporcionados por el alumnado fruto de las actividades formativas planificadas, que permiten al profesorado evaluar y constatar el progreso o falta de progreso, así como el grado de adquisición de la competencia. De las relacionadas con la competencia específica, las más significativas serían las que se recogen en la Tabla 2.

En la Figura 4, y relacionadas con el componente competencial y el momento de realizarse en el laboratorio, se resumen las evidencias más significativas en la evaluación de esta competencia en el ámbito de los laboratorios de ciencias y tecnología.

En cuanto a los *instrumentos* de evaluación, son herramientas de soporte que facilitan la recogida de información a partir de las evidencias y son relevantes para el análisis

del grado de consecución de competencias por parte del alumnado. Es conveniente que tengan formatos diferentes para ser utilizados en momentos diversos del proceso formativo. Cabe destacar que los instrumentos más significativos y utilizados para la recogida de información sobre la competencia específica en los laboratorios de Ciencias y Tecnología, son los cuestionarios, los registros y, sobre todo, las rúbricas o criterios de calidad.

Tabla 2: Evidencias más significativas para la competencia específica

CUESTIONARIOS	Cualquier tipo de cuestiones planteadas por el profesorado para el alumnado, que se entregan de forma escrita.
CUESTIONES ORALES	Planteadas por el alumnado o por el profesorado, permiten la retroalimentación de manera inmediata
PRUEBAS DE DESARROLLO	Preguntas abiertas que se han de responder argumentada y justificadamente, en un plazo de tiempo determinado.
INFORMES	Cualquier material generado de forma escrita a partir de la experiencia en el laboratorio. Los informes post-laboratorio, pueden incorporarse en una "memoria."
REGISTRO DE ACTUACIÓN	Documentación que el profesorado elabora a partir de cualquier acción desarrollada en el laboratorio por parte del alumnado mientras realiza la actividad
LIBRETA DE LABORATORIO	Realizada por el alumnado, recoge observaciones, procedimientos y datos obtenidos durante la experimentación.
PRUEBAS PRÁCTICAS	Situaciones planteadas por el profesorado en que se han de poner en acción, de forma experimental, la mayor parte de los componentes de la competencia específica, en el nivel establecido.
PRESENTACIONES ORALES	Comunicaciones estructuradas que se exponen delante del resto de compañeros/as y del profesorado, con o sin debate.
PRESENTACIONES PÓSTER	Exposición escrita, en formato de póster, que se presenta ante el resto de alumnado y del profesorado, con o sin debate.
PORTAFOLIO DEL ESTUDIANTE	Recogida de evidencias del proceso de aprendizaje, de forma continua que permite la reflexión personal en forma individual o en grupo.
PROYECTOS	Trabajos en los que se plantea una situación significativa y próxima a una realidad, dejando libertad al alumnado para su desarrollo. Son integradores y suelen realizarse en grupo.

Es importante destacar que el profesorado ha de ser consciente de que no todos los instrumentos sirven para evaluar competencias.

EVIDENCIAS	COMPONENTES					MOMENTOS		
	Medir	Experimentar	Modelizar	Proyectar	Decidir	Pre-lab	Laboratorio	Post-lab
Cuestionarios	X				X	X	X	X
Cuestiones orales	X	X	X	X	X	X	X	X
Pruebas de desarrollo		X		X			X	X
Informes	X	X		X	X	X	X	X
Registro de la actuación	X	X					X	
Libreta de laboratorio	X	X				X	X	
Pruebas prácticas	X	X	X	X	X		X	X
Presentaciones orales					X			X
Presentaciones póster				X	X			X
Portafolio del estudiante	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyectos			X	X	X		X	X

Figura 4. Relación de evidencias de evaluación, componentes y momentos del laboratorio.

3.3.1 Rúbricas o criterios de calidad

Los criterios de evaluación se pueden agrupar en forma de rúbricas también denominadas parrillas de calidad o corrección. Permiten establecer el grado de calidad que se pretende del alumnado para una competencia en concreto. Para su elaboración es aconsejable partir de la excelencia o máximo nivel de adquisición o logro y, a continuación definir el de menor nivel y por último los niveles intermedios, teniendo en cuenta que cuanto mayor sea el número de niveles, más difícil será describir las correspondientes adquisiciones.

Los criterios de evaluación de la competencia específica se establecerán teniendo en cuenta que la evaluación ha de tener una finalidad formativa a lo largo de todo el proceso de enseñanza - aprendizaje

Las ventajas de estos instrumentos son numerosas, siempre y cuando se hagan públicas al alumnado desde el inicio [12].

En la Figura 5 se presenta la rúbrica elaborada para dos componentes de la competencia específica en el nivel 1. Se pueden consultar las rúbricas para los 4 niveles en el documento completo [10].

Componente de la competencia	Nivel 1	Bien asimilado	Asimilado	Poco asimilado	No asimilado
Medir/ Adquirir	Adquirir, registrar y expresar correctamente datos y resultados en actividades de dificultad baja	Se han adquirido, registrado y expresado correctamente los datos y los resultados	Se han adquirido y registrado correctamente datos y resultados pero no se han expresado correctamente	Se han adquirido correctamente datos y resultados pero no se han registrado o no se han expresado correctamente	No se han adquirido correctamente los datos
Decidir	Comunicar y defender de manera efectiva las conclusiones obtenidas en actividades de dificultad baja	Se han comunicado y defendido efectivamente las conclusiones obtenidas	En general, la comunicación ha sido correcta, pero alguna parte de la defensa no ha sido clara	Se ha de mejorar tanto la comunicación como la defensa de las conclusiones	No se han entendido ni defendido la mayor parte de las conclusiones

Figura 5: Rúbrica para dos componentes de nivel 1.

4. Conclusiones

- Generalizar y abstraer las competencias propias de los laboratorios de ciencias y tecnología en una competencia única: *“Aplicar el método científico para resolver problemas”*.
- Definir los componentes y los correspondientes elementos de esta competencia específica.
- Establecer 4 niveles para cada uno de los componentes de la competencia, que permitan desarrollar esta competencia de forma gradual a lo largo de una titulación.
- Diseñar un modelo de ficha genérica para facilitar la planificación de las actividades que permitan la integración y desarrollo de la competencia específica.
- Proporcionar ejemplos de evidencias e instrumentos con el fin de orientar al profesorado en la evaluación de esta competencia específica.
- Elaborar rúbricas o criterios de calidad para cada uno de los niveles competenciales de la competencia específica.

5. Agradecimientos

Proyecto: “*Tècniques i mètodes d’avaluació a la UPC. Incidència en els processos*” financiado por la convocatoria de Proyectos de Mejora de la docencia 2006-07 de la UPC, modalidad A.

Proyecto: “Elaboración de guías de evaluación de competencias en el marco de los procesos de acreditación de titulaciones universitarias oficiales en Cataluña” Convocatoria Resolución diciembre 2007, Agencia para la Calidad del sistema Universitario de Cataluña (AQU).

6. Referencias

1. A. Hofstein, R. Mamlok-Naaman, Chem. Educ. Res. Pract., Vol.8(2) (2007) 105.
2. S.W. Bennet, K. O’Neale, Univ. Chem. Educ., Vol.2(2) (1998), 58.
3. J.A. Llorens-Molina, J. Res. Cent. Educ. Tech., Vol.4(2) (2008), 15.
4. N. Reid, L. Shah, Chem. Educ. Res. Pract., Vol.8(2) (2007), 172.
5. A.H. Johnstone, Al-Shuaili, Univ, Chem. Educ., Vol.5 (2001), 42.
6. L.D. Fiesel, A.J. Rosa, J. Eng. Educ., (2005) 121
7. C. McDonnell, C. O’Connor, M.K. Seery, Chem. Educ. Res. Pract., Vol.8(2) (2007), 130.
8. D.S. Domin, Chem. Educ. Res. Pract., Vol.8(2) (2007), 140.
9. M. Graells, M. Pérez-Moya, Projecte PEEEQ-UPC, Consell Social (2007)
http://cataleg.upc.edu/search~S1*cat?/aGraells/agraells/1%2C16%2C29%2CB/frame&FF=agraells+sobre+moises&5%2C%2C7
10. Guia Aval. Comp. Lab. Cienc. i Tec. - AQU (2009)
http://www.aqu.cat/publicacions/guies_competencies/guia_laboratoris.html
11. Guia Aval. Comp. Lab. Cienc. i Tec. - AQU (2009), Annex 3
http://www.aqu.cat/doc/doc_26331275_1.pdf
12. A. Blanco, L. Prieto, A. Blanco, P. Morales, J. Torre, La enseñanza universitaria entrada en el aprendizaje, *Ed. Octaedro, Barcelona (2008)*.