



# Competencia como aplicación de conocimientos científicos en el laboratorio: ¿cómo evitar que se oscurezcan las manzanas?\*

Beatriz Crujeiras  
M.<sup>a</sup> Pilar Jiménez Aleixandre  
Universidad de Santiago de Compostela

*Partiendo de la definición de competencia como capacidad de poner en práctica los conocimientos construidos en el aprendizaje, en este artículo se analiza la aplicación de conocimientos a la resolución de un problema auténtico en el laboratorio, el oscurecimiento de las manzanas cortadas. La herramienta de análisis es una adaptación de los niveles de competencia PISA. Los resultados apuntan a las dificultades experimentadas por los participantes –investigadores en formación– para integrar distintos conocimientos y destrezas en un alto nivel de competencia. Sugerimos la necesidad de identificar las tareas de laboratorio con problemas que requieren aplicar conocimientos conceptuales, no sólo destrezas. El desarrollo de estas competencias exige su práctica en la instrucción.*

Palabras clave: *competencia, aplicación de conocimientos, enzimas, laboratorio.*

## **Competence as an application of scientific knowledge in the laboratory: how to stop apples going brown?**

*Based on the definition of competence as the ability to apply knowledge constructed in the learning process, this article examines the application of knowledge to solve an authentic laboratory problem: why sliced apples go brown. The PISA levels of competence are adapted to form a framework for analysis. The findings point to the difficulties experience by participants (trainee researchers) to integrate a range of knowledge and skills at a high level of competence. We suggest there is a need to identify laboratory tasks with problems that require applying conceptual knowledge as well as skills. Developing these competences means practising them during instruction.*

Keywords: *competence, applying knowledge, enzymes, laboratory.*

## ■ Competencia como aplicación de conocimientos científicos

La introducción de las competencias como eje vertebrador del currículo es el cambio más sustancial introducido por la LOE. Pero para que este cambio normativo produzca cambios en el aula, es necesario comprender qué es lo sustantivo en la noción de competencia y cómo podemos llevarlo a la clase de ciencias. En este trabajo partimos de la definición de competencia como

capacidad de poner en práctica los conocimientos construidos en el aprendizaje y analizamos la aplicación de conocimientos a la resolución de un problema auténtico en el laboratorio, el oscurecimiento de las manzanas cortadas.

La competencia se define como la capacidad de poner en práctica de forma integrada, en situaciones y contextos diversos, los conocimientos, destrezas y actitudes desarrollados en el aprendizaje. Las dos novedades introducidas son, en primer lugar, subrayar la puesta en práctica, la

Partimos de la definición de competencia como capacidad de poner en práctica los conocimientos construidos en el aprendizaje y analizamos la aplicación de conocimientos a la resolución de un problema auténtico en el laboratorio: el oscurecimiento de las manzanas cortadas

aplicación de lo aprendido a contextos y situaciones nuevas y, en segundo lugar, plantear la integración de saberes conceptuales, destrezas y actitudes. El énfasis en la aplicación de lo aprendido tiene relevancia, pues uno de los problemas del aprendizaje escolar es la incapacidad de una gran proporción del alumnado para aplicar los conocimientos y destrezas a situaciones nuevas. Este conocimiento se denomina inerte, es decir, aquel al que el alumnado no accede (Brown y Palincsar, 1989) fuera de un contexto escolar como un examen, y que no es capaz de movilizar para resolver un problema de la vida real. Por ejemplo al aprender ecología el alumnado puede memorizar la llamada regla del 10%, que expresa que en la transferencia de energía entre niveles tróficos sólo el 10% de la energía de un nivel se transfiere al siguiente. Sin embargo, tienen dificultades para aplicar este conocimiento al problema de qué es más eficiente energéticamente: comer organismos situados en niveles más altos o más bajos en la pirámide trófica (Bravo y Jiménez, 2010).

En nuestra opinión, la competencia científica (como las demás) se desarrolla practicándola (Jiménez Aleixandre, 2010); en otras palabras, para que el alumnado sea capaz de aplicar los conocimientos a distintas situaciones, es necesario que la instrucción incluya tareas que exijan esta aplicación, no una sola vez, sino en una variedad de contextos.

En este trabajo analizamos esta puesta en práctica en la resolución de un problema abierto en el laboratorio. Nos interesa subrayar que las tareas de laboratorio también requieren la aplicación de conceptos y modelos. Como indica Del Carmen (2011), para poder interpretar adecuadamente una observación o experimento es necesario manejar conceptos teóricos, es decir, articular conocimientos teóricos y empíricos.

### ■ Contexto, participantes y metodología

Se analiza el desarrollo de la actividad en un grupo de tres investigadores en formación (dos de ellos profesores de secundaria) que cursaban un Máster de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales. La sesión duró noventa minutos. En este seminario los participantes estaban habituados a trabajar actividades en forma de problemas auténticos, aunque con menor grado de apertura.

El discurso originado durante el transcurso de la actividad fue grabado en audio y vídeo, y posteriormente fue transcrito para su análisis. Los nombres que aparecen en la transcripción son seudónimos para garantizar el anonimato de los participantes.

La herramienta de análisis es una adaptación de la escala de niveles de competencia científica PISA (OCDE, 2006). Esta escala se divide en seis niveles de aptitud, representados de forma resumida en el cuadro 1.

Para que el alumnado sea capaz de aplicar los conocimientos a distintas situaciones, es necesario que la instrucción incluya tareas que exijan esta aplicación en una variedad de contextos

Nivel	¿Qué son capaces de hacer los estudiantes?
6	Los estudiantes identifican, explican y aplican el conocimiento científico en diversas situaciones complejas de la vida real. Relacionan distintas fuentes de información y explicaciones y utilizan pruebas de estas fuentes para justificar decisiones.
5	Pueden identificar los componentes científicos de muchas situaciones complejas de la vida real, aplicando a ellas conceptos científicos. Son capaces de utilizar capacidades de investigación bien desarrolladas y relacionar el conocimiento adecuadamente. Son capaces de elaborar explicaciones basadas en pruebas y argumentos basados en su análisis crítico.
4	Son capaces de seleccionar e integrar explicaciones de diferentes disciplinas de ciencia y tecnología, y relacionarlas directamente con situaciones de la vida real.
3	Pueden identificar cuestiones científicas descritas claramente. Son capaces de seleccionar hechos y conocimientos para explicar fenómenos y aplicar modelos sencillos o estrategias de investigación, y de utilizar y aplicar conceptos científicos.
2	Pueden llegar a conclusiones basadas en investigaciones simples. Son capaces de razonar y de realizar interpretaciones literales de resultados de una investigación científica.
1	Sólo pueden aplicar el conocimiento científico a unas pocas situaciones familiares. Son capaces de presentar explicaciones científicas obvias que se derivan explícitamente de las pruebas dadas.

**Cuadro 1.** Niveles de competencia científica (de PISA, 2006, resumido)

La actividad que se propuso a los participantes se reproduce a continuación en la ver-

sión actual, después de introducir cambios una vez probada.

### **El problema de laboratorio: ¿cómo evitar que se oscurezcan las manzanas?**

Freshfruit es una empresa que tiene el proyecto de vender bolsas de fruta cortada (por ejemplo manzanas) en las cafeterías de los institutos, como alternativa a la bollería industrial, y de esta forma fomentar hábitos alimenticios saludables. El problema es que al cortar la fruta para envasarla ésta cambia de color. Esto causaría dificultades para venderla, ya que la gente la rechazaría por su mal aspecto.

*1. ¿Qué se podría hacer para conseguir que la fruta se mantenga con el mismo aspecto que tiene la fruta recién cortada?*

Ten en cuenta que para resolver este problema puedes utilizar:

- Los conocimientos científicos o de la experiencia cotidiana sobre las reacciones químicas y los seres vivos, que permiten explicar el cambio de color de las frutas después de cortadas.
- Los recursos materiales similares a los que tenían en la empresa Freshfruit (se indica el pH de las sustancias).

Manzanas: pH= 3,2  
 Agua del grifo: pH= 7

Sal

Azúcar

Film de embalar alimentos

Zumo de naranja: pH= 4

Zumo de limón: pH = 2,3

Vinagre: pH= 3, contiene: ácido acético y agua

Bicarbonato de sodio: pH= 8,4, efecto antiácido

Otro material que penséis que es necesario

Para resolver el problema, tenéis que elaborar un diseño experimental para contrastar vuestras hipótesis. Cuando lleguéis a una propuesta de solución, tenéis que justificarla.

*2. En la situación real de una empresa que tiene este problema se podrían utilizar otros métodos. Si se te ocurre alguno de ellos, explícalo.*

Esta actividad de laboratorio es un problema auténtico (Jiménez Aleixandre, 2010) ya que:

- Su respuesta no es obvia.
- Está contextualizada en la vida real.
- Requiere que el alumnado lleve a cabo un proceso de indagación, diseñando el proceso.
- Puede tener varias soluciones posibles. Por todo ello permite trabajar muchos de los aspectos que forman parte de la competencia científica.

Consideramos que la respuesta de referencia de la actividad planteada se situaría en el quinto nivel de competencia científica del cuadro 1, ya que para resolverla es necesario poner en práctica muchas de las acciones que se recogen en dicho nivel como: utilizar capacidades de investigación bien desarrolladas, relacionar el conocimiento adecuadamente y ser capaces de elaborar explicaciones basadas en pruebas.

En el cuadro 2 se detallan todos los aspectos recogidos en dicho nivel de competencia y cómo se desarrolla cada uno de ellos en la tarea propuesta, excepto el aspecto de aportar percepciones críticas, ya que la actividad no fue diseñada con ese fin.

Estos aspectos permiten desarrollar las tres capacidades que constituyen la competencia

científica (Jiménez Aleixandre, Bravo y Puig, 2009):

- Identificar cuestiones científicas: los participantes tienen que identificar el problema y diseñar una investigación para resolverlo.
- Explicar los fenómenos por medio de modelos científicos: identificar el oscurecimiento como una reacción de oxidación y caracterizarla, como todas las que tienen lugar en los seres vivos, como una reacción catalizada por enzimas.
- Usar pruebas para llegar a conclusiones: utilizar los datos, tanto aportados como obtenidos empíricamente, para encontrar una solución al oscurecimiento, en función del pH y otras variables.

## ■ Resultados: niveles de competencia alcanzados

Para resolver la actividad es necesario articular conocimientos teóricos y empíricos, tal y como detalla Del Carmen (2011). Los participantes debían combinar dos modelos teóricos: un modelo químico, que explica el oscurecimiento por una reacción de oxidación provocada por el contacto de la manzana cortada con el oxígeno del aire; y otro biológico, que concibe la manza-

Aspectos de la competencia científica nivel 5 (PISA)	¿Cómo se desarrolla en la tarea?
Identificar los componentes científicos de muchas situaciones complejas de la vida real.	Identificar el problema científico del oscurecimiento con una oxidación.
Aplicar conceptos científicos a distintas situaciones.	Explicar científicamente el problema del oscurecimiento como una reacción catalizada por enzimas.
Comparar, seleccionar y evaluar las pruebas científicas adecuadas para responder a situaciones de la vida real.	Comparar y evaluar el grado de oscurecimiento al utilizar distintas sustancias para evitarlo (por ejemplo en relación con el pH).
Utilizar capacidades de investigación bien desarrolladas y el conocimiento sobre las ciencias.	Elaborar y probar un diseño experimental para solucionar el problema; por ejemplo utilizar controles, distinguir variables.
Relacionar el conocimiento adecuadamente.	Combinar los modelos químico y biológico para explicar el problema.
Construir explicaciones basadas en pruebas.	Utilizar los datos aportados y obtenidos empíricamente para solucionar el problema.

**Cuadro 2.** Aspectos del nivel 5 de la competencia científica trabajados en la tarea

na como constituida por células y tejidos que, al cortar la fruta, se dañan, liberándose enzimas que en contacto con el oxígeno del aire catalizan una serie de reacciones. El efecto final de esta reacción es el oscurecimiento de la zona de corte de la manzana. Las vías de solución pueden ser evitar el contacto con el oxígeno del aire (en el laboratorio escolar no es posible) o cambiar el medio para que el enzima no pueda actuar, por ejemplo creando un pH ácido.

Aparte de estos dos modelos teóricos, los participantes hicieron uso de un modelo que denominamos empírico, en el cual se apoyan para explicar los fenómenos observados durante la realización de la actividad. Este modelo está relacionado con su experiencia en la vida cotidiana, concretamente en la cocina, se propone el uso del zumo de limón.

Encontrar una solución no fue una tarea fácil. La principal dificultad fue para identificar el

proceso como una reacción enzimática y no sólo como una oxidación, lo que sólo fue posible por el apoyo constante del profesor. Los participantes se basaban sobre todo en su experiencia cotidiana para intentar buscar una solución, y dedicaron la mayor parte del tiempo a buscar una explicación a los procesos que observaban. Estas explicaciones las basaban en la observación de los ensayos realizados, debido a que no utilizaban estrategias de investigación sistemáticas. En vez de elaborar un diseño experimental, probaban con todos los materiales de que disponían, siguiendo la estrategia de ensayo-error, igual que se ha encontrado en otros estudios.

Para evaluar el nivel de competencia alcanzado por los participantes durante la realización de la actividad se analizó la utilización de los distintos modelos, según las acciones establecidas en cada nivel de competencia del cuadro 2. En dicha categorización se tuvieron en cuenta las

acciones que realizaron durante la utilización de cada modelo tal y como aparece en el cuadro 3.

Los resultados obtenidos muestran que no se alcanzó el nivel de competencia esperado, ya que el máximo, como refleja el cuadro 3, se sitúa en el tercer nivel de la escala científica, no en el 5, que era el esperado.

En el nivel 3 los participantes seleccionan hechos y conocimientos para explicar fenómenos, aplican modelos sencillos o estrategias de investigación y utilizan conceptos de distintas disciplinas y los aplican directamente. Esto se consigue solamente en los episodios en que utilizan la combinación de los modelos químico y biológico, usando la teoría de la acción enzimática para resolver el problema. Un ejemplo en el que se observa esta combinación durante la realización de la tarea es el siguiente:

---

561 Ana: Las enzimas son proteínas y actúan a un pH determinado, normalmente al pH más próximo al de la manzana en este caso. Entonces tendremos que mantener la fruta a un pH de 3,2.

---

En nuestra opinión, la diferencia entre este nivel 3 y el 4 de explicación es que los participantes utilizan el modelo para interpretar el fenómeno del oscurecimiento, pero no lo aplican para resolver el problema. Por ejemplo, sería el nivel 4 si lo utilizaran para resolver el problema, descartando utilizar sustancias con pH básico, como el bicarbonato.

La utilización del modelo biológico se sitúa en el nivel 2 debido a que utilizan un conocimiento adecuado para dar explicaciones en situaciones conocidas, ya que en biología es conocido que las enzimas, como proteínas que son, se desnaturalizan a pHs ácidos; pero no lo relacionan con los datos de pH de las distintas sustancias para proponer una solución de entre todas las pruebas realizadas y descartar otras. El siguiente ejemplo muestra una explicación situada en este nivel:

---

553 Andrés: Con el vinagre y con los ácidos se desnaturalizan las enzimas y no funcionan.

---

El modelo químico se sitúa en el nivel 1. Éste es un modelo muy sencillo en el que se utiliza un conocimiento científico elemental: el oscurecimiento de la manzana es producto del contacto con el oxígeno del aire. Un ejemplo para este nivel es:

Nivel de competencia	Acción realizada	Modelo
3	Seleccionan hechos y conocimientos para explicar fenómenos y aplicar modelos sencillos o estrategias de investigación.	Químico-biológico
2	Usan el conocimiento adecuado para dar explicaciones en contextos conocidos.	Biológico
1	Dan explicaciones científicas obvias y parten de pruebas explícitas.	Químico Empírico

**Cuadro 3.** Niveles de competencia alcanzados durante la realización de la actividad

---

22 Andrés: Lo que le sucede a la fruta es que se oxida. Por contacto con el oxígeno.

---

El modelo empírico también se sitúa en este primer nivel, ya que es mínimo el conocimiento científico puesto en juego cuando el participante hace uso de su experiencia en la cocina. Un ejemplo de utilización de este modelo es el siguiente:

---

106-108 Ana: Normalmente para conservar se le echa ácido. A las macedonias para que no se oxiden se les echa zumo de limón.

---

Los números que aparecen al lado del nombre de cada participante corresponden a los turnos de intervención. Al principio de la actividad, en el turno 22 se identifica la reacción de oxidación, pero no se logra la combinación de los modelos químico y biológico hasta el turno 561, lo cual refleja la dificultad experimentada para identificar la influencia del enzima en la reacción de oxidación.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que la relación entre los modelos químico y biológico sólo fue realizada con la ayuda del profesor, que actuó de guía durante la realización de la actividad. Su apoyo fue fundamental para que llegasen a reconocer el papel del enzima, ya que al no estar explícito en la tarea, los participantes lo pasaban por alto, aplicando solamente el modelo químico.

## ■ Conclusión e implicaciones didácticas

Estos resultados apuntan a las dificultades experimentadas por los participantes –investigadores en formación– para integrar distintos conocimientos y destrezas en un alto nivel de competencia. Por otra parte, la actividad ha sido muy bien

valorada por los participantes, el pequeño grupo tratado aquí y otro mayor de alumnado del máster de secundaria, que evaluaron muy positivamente su apertura y su contextualización, así como las posibilidades que ofrece para la indagación en el aula de secundaria. Sugerimos la importancia de identificar las tareas de laboratorio con problemas que requieren aplicar conocimientos conceptuales, no sólo destrezas. Es también necesario subrayar que el desarrollo de estas competencias exige que sean practicadas en la instrucción.

La actividad fue inicialmente probada con profesorado en formación, pero la hemos diseñado con intención de utilizarla en bachillerato. Para ello sería necesario modificar su enunciado, haciendo explícita la relevancia del enzima en la reacción.

### Nota

\* AGRADECIMIENTOS: Este trabajo forma parte del proyecto EDU2009-13890-C02-01 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. El trabajo de Beatriz Crujeiras Pérez está financiado por una beca FPI del MICINN, código BES-2010-031259. Agradecemos a Joaquín Díaz su colaboración.

### Referencias bibliográficas

- BRAVO TORIJA, B.; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (2010): «Is raising salmon sustainable? Use of concepts and evidence about ecology», en HAMMANN, M.; WAARLO, A.J.; BOERSMA, K. (eds.): *The nature of research in biological education: Old and new perspectives on theoretical and methodological issues*. Utrecht. CD-β Press, pp.153-166.
- BROWN, A.L.; PALINCSAR, A.S. (1989): «Guided, cooperative learning and individual knowledge acquisition», en RESNICK, L. (ed.): *Knowing, learning and instruction: Essays in honor of Robert Glaser*. Hillsdale. Lawrence Erlbaum, pp. 393-451.

CARMEN, L. del (2011): «El lugar de los trabajos prácticos en la construcción del conocimiento científico en la enseñanza de la biología y la geología», en CAÑAL, P. (ed.): *Didáctica de la biología y la geología*. Barcelona. Graó, pp. 91–108.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (2010): *10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona. Graó.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; BRAVO, B.; PUIG, B. (2009): «¿Cómo aprende el alumnado a evaluar pruebas?». *Aula de Innovación Educativa*, núm. 186, pp. 10-12.

OCDE (2006): *Informe Pisa 2006. Competencias científicas para el mundo del mañana* [en

línea]. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. París. <[www.oecd.org](http://www.oecd.org)>. [consulta: mayo 2011]

### **Direcciones de contacto**

**Beatriz Crujeiras Pérez**

**M.ª Pilar Jiménez Aleixandre**

Universidad de Santiago de Compostela

*beatriz.crujeiras@rai.usc.es*

*marilarj.aleixandre@usc.es*

Este artículo fue solicitado por ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES en mayo de 2011 y aceptado en julio de 2011 para su publicación.