

# La competencia sobre planificación de investigaciones en 4º de ESO: un estudio de caso

## Competence in research planning in the fourth level of Spanish Secondary Education: a case study

Iñigo RODRÍGUEZ ARTECHE<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Mercedes MARTÍNEZ AZNAR<sup>1</sup>  
y M<sup>a</sup> Aránzazu GARITAGOITIA CID<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Complutense de Madrid y

<sup>2</sup>Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS (Alemania)

Recibido: Septiembre 2014

Evaluado: Diciembre 2014

Aceptado: Enero 2015

### Resumen

En los últimos años, las metodologías de tipo “Inquiry-Based Science Education” (IBSE) se vienen recomendando desde las instancias europeas para mejorar los niveles de competencia y las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes. Así, el presente estudio pretende comprobar la eficacia de una metodología IBSE, la Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI), para la enseñanza-aprendizaje de la competencia sobre planificación de investigaciones en 4º de ESO. Para ello, a partir de las resoluciones de problemas abiertos de los estudiantes, se analiza el progreso en el aprendizaje de las dimensiones competenciales relativas a la planificación de investigaciones y la influencia de la metodología propuesta en su adquisición. Los resultados indican un dominio de mayor a menor grado en la emisión de hipótesis, diseño de la experimentación, representación cualitativa, identificación de variables y reformulación del problema abierto, así como la influencia positiva de la MRPI en estas dimensiones competenciales sobre la planificación de investigaciones.

**Palabras clave:** planificación de investigaciones, competencia científica, metodología investigativa, enseñanza secundaria.

### Abstract

In the last years, “Inquiry-Based Science Education” methodologies (IBSE) are being recommended by European institutions in order to improve the competence levels and the attitudes towards science of primary and secondary school students. Therefore, the aim of this study is to test the effectiveness of an IBSE methodology, the Methodology of Problem Solving as an Investigation (MPSI), for the teaching-learning process of planning of experiments in the fourth level of Spanish Secondary Education. By means of the students’ solutions for a series of open problems, the progress in the learning of the competences related to the planning of experiments has been analyzed, along with the influence of the methodology on the development of these competencies. The results show a students’ command from higher to lower levels on: emission of hypothesis, design of the experiment, qualitative analysis,

identification of variables and reformulation of the open problem. Furthermore, the Methodology has contributed to an improvement of the scientific competence in the area of planning experiments.

**Keywords:** planning of experiments, scientific competence, inquiry-based methodology, secondary education.

Desde finales del siglo pasado, los currículos escolares vienen incluyendo la *indagación* como método de enseñanza y aprendizaje, con la finalidad de alcanzar la formación científica y ciudadana de los estudiantes (Abd-El-Khalick et al., 2004). Así, en la LOE (2006) la indagación se introduce para la adquisición de la competencia científica.

Igualmente, desde las instancias europeas (Comisión Europea, 2007) se sugiere la utilización de metodologías activas donde el alumnado se enfrenta a un reto, no abordable a través de las explicaciones o lecturas de libros de texto, que requiere de la construcción de conocimiento para su resolución. Estas metodologías difieren en la naturaleza, alcance del reto y grado de guía aportado por el profesor para superarlo (Prince y Felder, 2007). Enfoques de esta naturaleza son el aprendizaje por descubrimiento, la resolución de problemas, los proyectos, el estudio de casos, etc., denominados genéricamente *Inquiry-Based Science Education* (IBSE).

Por definición, la indagación (*inquiry*) es un proceso intencional de diagnóstico de problemas, crítica de experimentos y diferenciación de alternativas, planificación de investigaciones, comprobación de conjeturas, búsqueda de información, construcción de modelos, debate con los compañeros y formación de argumentos coherentes (Linn, Davis y Bell, 2004).

En esta línea, el aprendizaje basado en problemas (“Problem-Based Learning”, PBL) describe un entorno donde los problemas, entendidos como desafíos para los que no hay caminos evidentes, dirigen el aprendizaje. Por ello, los estudiantes deben examinar información, identificar posibles soluciones, evaluarlas y presentar conclusiones.

En este estudio, se analiza el desarrollo de competencias científicas de los estudiantes mediante actividades de indagación, en concreto para la planificación de investigaciones. Además de la originalidad en el planteamiento de las actividades de laboratorio, se presentan materiales para que los docentes puedan innovar en las aulas.

## Marco teórico

Desde hace más de 20 años, en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la UCM se han hecho aportaciones sobre los beneficios para el aprendizaje de las ciencias de la *Metodología de Resolución de Problemas como Investigación* (Gil y Martínez-Torregrosa, 1983), un ejemplo de “*Inquiry-Based Science Education*”. En el ámbito de la educación secundaria, se han realizado contribuciones para las materias de Física (Varela y Martínez, 1997), Química

(Bárcena, 2015), Biología (Martínez e Ibáñez, 2005; Ibáñez y Martínez, 2007), y el Ámbito Científico-Tecnológico de Diversificación (Martínez y Bárcena, 2013; Pavón y Martínez, 2014). También para educación primaria (Martínez, 2009) y en la formación inicial de maestros (Martínez y Varela, 2009). En todos estos trabajos los resultados han sido muy satisfactorios, tanto en el cambio conceptual y de los procedimientos de los estudiantes como en sus actitudes hacia la ciencia y su aprendizaje (Ibáñez y Martínez, 2007), en consonancia con las propuestas de las instituciones comunitarias para promover la educación científica: “Una reorientación de la pedagogía de la enseñanza de las ciencias en las escuelas, introduciendo los métodos basados en la investigación [IBSE], permitiría aumentar el interés de los estudiantes por las ciencias” (Comisión Europea, 2007, pág. 2).

La MRPI, ejemplo de IBSE, es un heurístico con 5 fases diseñado para resolver problemas verdaderos, de “lápiz y papel” y “experimentales”, con enunciados abiertos (sin datos y con soluciones variadas) y siguiendo la metáfora del investigador novel en los equipos de investigación. Sus principales características son (Martínez e Ibáñez, 2005):

1. *Análisis cualitativo del problema.* Supone la revisión del marco teórico de referencia, las posibles concepciones alternativas y la reflexión sobre lo requerido para su resolución. El problema se acota y reformula en términos operativos, y se indican las restricciones para hacer viable la resolución.

2. *Emisión de hipótesis.* A partir del análisis previo, se realizan conjeturas que orientan la resolución y posibilitan su posterior análisis, en base a las variables que pueden ser influyentes.

3. *Diseño de estrategias de resolución.* La planificación de estrategias persigue comprobar la validez de las hipótesis. Así, primero hay que identificar las variables (independientes, dependientes y de control), determinar las magnitudes a medir y los materiales a considerar. Finalmente, se toman las decisiones oportunas para resolver el problema. La planificación de las estrategias impide un tratamiento del tipo ensayo/error, aunque esta fase debe afrontarse de forma flexible. Además, planificar varias estrategias es muy útil para mostrar la coherencia interna de la resolución.

4. *Resolución del problema.* Consiste en poner en práctica los diseños realizados en la fase 3, tomar nota de las observaciones y medidas efectuadas y registrar los datos.

5. *Análisis de resultados.* Implica la búsqueda de regularidades en los datos, que se analizan a la luz de las hipótesis y el marco teórico descritos. Esta es una etapa esencial del proceso, mucho más allá de la revisión de errores en la resolución, y que como en la propia investigación científica puede conducir a nuevos problemas e interrogantes.

Estas etapas constituyen una secuencia orientadora de la resolución, que pueden replantearse y nunca entenderse como de seguimiento consecutivo y rígido. Además, para problemas abiertos de tipo experimental permiten abordar tanto la planificación de las investigaciones como su desarrollo completo, ajustándose a las necesidades e intereses de alumnos y profesores.

Durante el proceso de resolución de problemas abiertos se debe fomentar la verbalización como aspecto fundamental del desarrollo de la metacognición, la creatividad y la originalidad, favoreciéndose uno de los objetivos educativos y competencia básica más deseables, el *aprender a aprender* (Garrett, 1988).

Para terminar, cabe destacar que las fases de esta metodología recogen expresamente las dimensiones de la competencia en conocimiento e interacción con el mundo físico (*competencia científica*) de la LOE, que de acuerdo con los procesos y actitudes propiamente científicos supone: “*identificar y plantear problemas relevantes; realizar observaciones [...] con conciencia del marco teórico que las dirige; formular preguntas; localizar, obtener, analizar y representar información cualitativa y cuantitativa; plantear y contrastar soluciones tentativas o hipótesis [...]; obtener, evaluar y comunicar conclusiones...*” (MEC, 2007, pág. 687).

## Objetivos

Con la intención de vincular la investigación con la innovación educativa, este estudio tiene la finalidad de comprobar la eficacia de la Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI) para el desarrollo de la competencia científica en 4º de ESO en relación con la *planificación de investigaciones*. Por ello, se buscan respuestas a las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Progresarán los estudiantes de 4º de ESO en el aprendizaje de los procedimientos incluidos en la MRPI sobre la planificación de investigaciones?
- ¿La introducción de la MRPI favorecerá el desarrollo, por parte de los estudiantes, de la planificación de investigaciones hacia niveles de competencia científica más complejos?

## Metodología

El estudio realizado se enmarca en el contexto de las investigaciones educativas de carácter descriptivo y cualitativo, ya que estudia una realidad con la intención de interpretarla según las necesidades y objetivos planteados (Rodríguez, Gil y García, 1999). Además, dado que “*las investigaciones cualitativas están sujetas a las circunstancias de cada ambiente o escenario particular*” (Hernández, Fernández y Baptista, 2006, pág. 686), se plantea como estudio de caso.

### *Contexto y muestra de estudio*

La muestra, de tipo incidental, está formada por 19 estudiantes (15,8 años de media, 10 mujeres y 9 hombres, 10 extranjeros y 9 españoles; 3 repetidores) de 4º de ESO del IES Cardenal Cisneros de la ciudad de Madrid, que cursan la asignatura optativa de Ampliación de Física y Química. Son aquéllos del total de 22 que asisten a todas las sesiones en que se realiza el estudio.

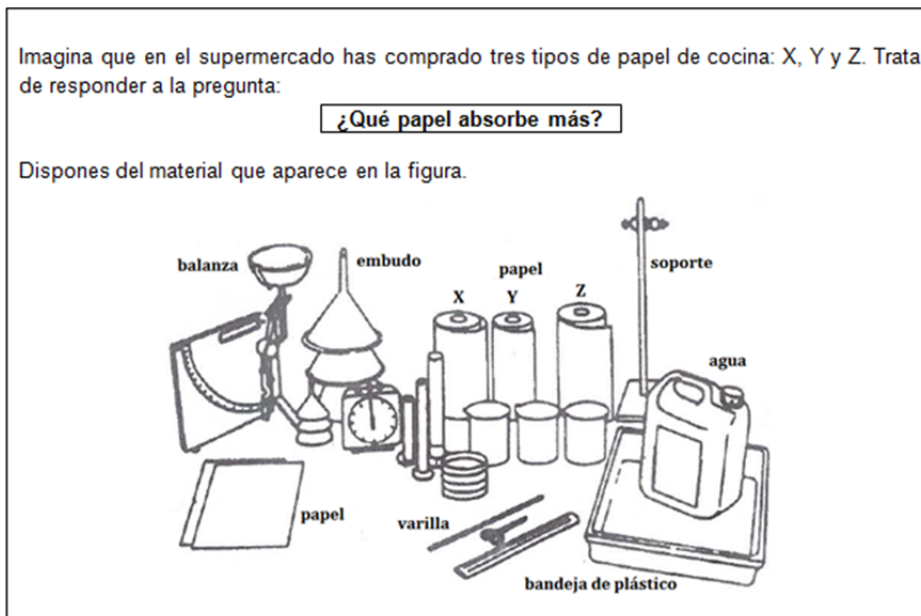
Esta asignatura incide en la importancia del trabajo experimental para el desarrollo de la competencia científica. Es por ello que se introdujo la MRPI, por su coherencia con los procedimientos habituales en la ciencia y su pertinencia para alcanzar los objetivos del currículo, frente a otras metodologías más guiadas.

### *Metodología de aula*

En este apartado se presentan los problemas abiertos seleccionados y la secuencia del trabajo realizado. En estas sesiones, el *rol del docente*, que cuenta con una formación previa en la MRPI, será de orientador y guía para el proceso de construcción del conocimiento de los escolares.

#### *a) Situaciones problemáticas abiertas*

1. “¿Qué papel absorbe más?” Sirve para analizar el modo en que los estudiantes planifican una investigación antes de introducirse la MRPI y para ejemplificar las fases de la propia metodología. Cabe destacar que el problema tiene escasa complejidad conceptual para 4º de ESO, y por ello permite hacer hincapié en los aspectos metodológicos y competenciales (Martínez, 2009). En el Cuadro 1 se muestra el protocolo presentado a los estudiantes.



Cuadro1. Protocolo para “¿Qué papel absorbe más?”, elaborado a partir del Proyecto APU (1987).

2. “¿Qué detergente lava mejor?” Es un problema de investigación completa que requiere su *planificación* (fases 1 a 3 de la MRPI, objeto de este trabajo) e

implementación en el laboratorio (fases 4 y 5). Esta situación problemática, diseñada al efecto, es la primera en que los estudiantes utilizan la MRPI siguiendo una *plantilla* que recoge sus fases (Martínez, 2009).

3. “¿Qué tejido abriga más?” Permite analizar el modo en que los estudiantes planifican una investigación tras haber trabajado con la MRPI, y compararlo con la forma en que lo hacían previamente (para lo que se utiliza el Problema 1, P1). En este sentido, la complejidad de esta resolución es muy superior a la del P1 (APU 1987, pág. 50). En el Cuadro 2 aparece como se presenta a los estudiantes.

Imagina que vas a emprender una expedición a la alta montaña, donde vas a padecer un clima frío, seco y ventoso. Para abrigarte, puedes escoger un abrigo hecho de uno de los tejidos mostrados en la imagen: tejido plástico o de lana. Debes responder a la siguiente pregunta:

**¿Qué tejido abriga más?**

Dispones del material que aparece en la figura: utiliza lo que te parezca para responder la pregunta. Podrías utilizar:

- Una lata podría simular a una persona.
- Poniendo agua dentro, la simulación de una persona sería más realista.
- Podrías imitar el viento con el secador de pelo (con el calentador apagado).

El diagrama muestra una variedad de materiales etiquetados: una olla o caldera, cinta adhesiva (celo), gomas elásticas, un cronómetro, varias latas, probetas, tapas con termómetros, un secador de pelo, alfileres o imperdibles, una regla, un tejido plástico y un tejido de lana.

Cuadro 2. Protocolo para “¿Qué tejido abriga más?”, a partir del Proyecto APU (1987).

Las tres situaciones problemáticas están dentro de un enfoque CTSA. Se pretende que además de construir conocimientos académicos, los estudiantes tomen decisiones sobre contextos cotidianos de forma más crítica y reflexiva, mejorando así su interés por el aprendizaje (Fortus *et al.*, 2005; Blanco, España y Rodríguez, 2012; Caamaño, 2012).

*b) Secuencia del trabajo*

El estudio se ha realizado en 6 sesiones (4 de 50 minutos y la mitad de otras 2) de la asignatura Ampliación de Física y Química.

*Sesión 1:* (30 min.)

– Resolución individual, previa a la introducción de la MRPI, de “¿Qué papel absorbe más?” (Problema 1).

*Sesión 2:* (50 min.)

– Presentación de la MRPI: se reparte y explica la *plantilla* (Martínez, 2009) con las 5 fases de la metodología. Para ejemplificar el modelo y mostrar sus ventajas en la resolución de problemas abiertos, se utiliza el Problema 1.

– Planificación de la actividad “¿Qué detergente lava mejor?” (Problema 2). La mitad del grupo realizará la experimentación, en equipos de investigación, en la Sesión 3, y el resto en la Sesión 4 (según el orden de lista). Los estudiantes deben realizar individualmente las 3 primeras fases de la MRPI antes de la sesión experimental, y traer detergentes utilizados en sus casas.

*Sesiones 3 y 4 – laboratorio:* (50 min.)

– Una sesión para cada medio grupo, en equipos, para resolver el Problema 2.

– Cada estudiante dispondrá de un plazo de una semana para redactar su informe, siguiendo las pautas de la MRPI.

*Sesión 5:* (30 min.)

– Puesta en común para verbalizar las ideas incluidas en los informes sobre el Problema 2.

*Sesión 6:* (50 min.)

– Desarrollo individual de las 3 primeras fases de la MRPI para “¿Qué tejido abriga más?”, y redacción del informe correspondiente.

### *Instrumentos, técnicas de recogida y análisis de datos*

Para estudiar el grado de éxito de los escolares en el aprendizaje de las dimensiones competenciales en *planificación de investigaciones*, a partir de sus informes, se consideran las 3 primeras fases de la MRPI: 1) análisis cualitativo; 2) emisión de hipótesis; 3) diseño de estrategias de resolución. Dado que estas etapas abarcan un conjunto amplio de capacidades, se subdividen según aparece en el Cuadro 3.

DC1. Análisis cualitativo del problema.	<b>DC1.1. Representación cualitativa de la situación problemática.</b>
<b>DC2. Emisión de hipótesis.</b>	<b>DC1.2. Reformulación del problema abierto.</b>
DC3. Diseño de estrategias de resolución.	<b>DC3.1. Identificación y control de variables.</b>
	<b>DC3.2. Diseño de la experimentación.</b>

Cuadro 3. Dimensiones competenciales (DC) consideradas en el estudio (en negrita).

Para analizar las producciones escritas de los estudiantes, primero se resuelven las situaciones problemáticas según lo que cabe esperar como resolución satisfactoria para

4º de ESO en cada problema (el Anexo 1 incluye un modelo de resolución para el Problema 3). Luego, se definen unos niveles de resolución que hacen referencia a la adquisición de las dimensiones competenciales (DC), desde niveles 1, como aportaciones irrelevantes, hasta niveles 4, como aportaciones muy satisfactorias (el Anexo 2 recoge los correspondientes al Problema 3). Para este análisis y la posterior codificación de los informes, se ha requerido el consenso del profesor de aula, otro profesor de física y química y un experto.

Además, para tener una visión más global de lo sucedido y conocer el éxito (en términos comparativos) de los estudiantes en las DC sobre la *planificación de investigaciones*, se consideran dos indicadores de logro ya utilizados en investigaciones semejantes (Martínez y Varela, 2009). El indicador de logro 1 (IL1) se calcula tomando en cada DC dos categorías de respuesta: la correspondiente a los niveles 1 y 2 (aportaciones inadecuadas), y la correspondiente a los niveles 3 y 4. Así, la diferencia entre el número de estudiantes en los niveles superiores y en los inferiores, normalizada entre el número de escolares de la muestra (19), permite comparar el éxito logrado en cada DC. Este indicador IL1 recae en el rango entre  $-1$  y  $+1$ . Por otra parte, como indicador de logro 2 (IL2) se considera el nivel medio alcanzado por los estudiantes, con rango 1–4. Con esta información, se procede a categorizar las producciones de los escolares, y a realizar el análisis descriptivo de las mismas.

Finalmente, para dar respuesta a la 2ª pregunta de investigación y apreciar la evolución en las dimensiones competenciales, se construyen diagramas cualitativos de tipo Bliss que permiten percibir de forma intuitiva la evolución de los estudiantes (Osborne *et al.*, 1990; Pavón y Martínez, 2014).

## **Resultados y Análisis**

Para cada pregunta de investigación se presenta el correspondiente análisis descriptivo, con ejemplos de las producciones de los estudiantes.

### *a) Primera pregunta de investigación*

Para responder esta pregunta, acerca del aprendizaje de los procedimientos de la MRPI sobre la planificación de investigaciones (fases 1-3), se utilizan las producciones de los estudiantes para los problemas abiertos: 2. “¿Qué detergente lava mejor?” y 3. “¿Qué tejido abriga más?”, resueltos ambos mediante esta metodología.

A partir de los informes de los 19 estudiantes, se identifican los niveles para las dimensiones competenciales (DC) en ambos problemas (ver ejemplo en Anexo 2), y se obtienen las frecuencias y los indicadores de logro mostrados en la Tabla 1.



Dimensión	Frecuencias de los niveles (N=19)								Indicadores de logro*			
	2. ¿Qué detergente lava mejor?				3. ¿Qué tejido abriga más?				2. ¿Qué detergente lava mejor?		3. ¿Qué tejido abriga más?	
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	IL1	IL2	IL1	IL2
<b>DC1.1 – Repres. cualitativa</b>	5	4	5	5	1	6	7	5	+0,05	2,53	<b>+0,26</b>	<b>2,84</b>
<b>DC1.2 – Reformulación</b>	4	5	5	5	4	5	4	6	+0,05	2,58	+0,05	<b>2,63</b>
<b>DC2 – Emisión de hipótesis</b>	4	3	4	8	0	6	2	11	+0,26	2,84	<b>+0,37</b>	<b>3,26</b>
<b>DC3.1 – Identif. de variables</b>	2	6	6	5	0	9	3	7	+0,16	2,74	<u>+0,05</u>	<b>2,89</b>
<b>DC3.2 – Diseño experimentación</b>	1	5	5	8	1	4	7	7	+0,37	3,05	<b>+0,47</b>	3,05

Tabla 1. Indicadores de logro para los problemas abiertos.

\*En **negrita** están los indicadores donde hay mejoría al resolver el segundo problema abierto, y en subrayado donde se obtiene un resultado peor.

Se destaca que en todos los casos hay más estudiantes en los niveles 3 y 4 que en los inferiores (valores de IL1 positivos), lo que supone el progreso de los escolares en las capacidades de la MRPI sobre la planificación de investigaciones; así:

- La *reformulación del problema* (DC1.2) es el procedimiento que obtiene peores resultados, aunque hay más estudiantes en los niveles superiores 3 y 4 que en los inferiores. Ello puede deberse a la dificultad de verbalizar en términos operativos los enunciados abiertos.
- Para la *identificación y control de variables* (DC3.1), en el segundo problema abierto el nivel medio alcanzado por el alumnado es mayor que en el primero, pero la diferencia entre los estudiantes en los niveles superiores e inferiores es menor. Esto pone de relieve la complejidad de explicitar las variables, como también se desprende de otros estudios con metodologías indagativas (Martínez y Varela, 2009; Ferrés, Marbà y Sanmartí, 2015).
- La mayor evolución se produce en la *representación cualitativa de la situación* (DC1.1) y en la *emisión de hipótesis* (DC2). El avance en DC1.1, también detectado en investigaciones semejantes (Bárcena, 2015), es muy importante y revela que los estudiantes son conscientes de la situación planteada, del objetivo a conseguir y del conocimiento necesario para afrontarlo (Greeno, 1998). En cuanto a la emisión de hipótesis, que parte de resultados satisfactorios desde un comienzo, su evolución es igualmente destacable. Este resultado está en la línea del de otros autores que exponen que la familiaridad del contexto de los problemas facilita la emisión de hipótesis (Martínez e Ibáñez, 2005; Blanco, España y Rodríguez, 2012), y que para contextos más disciplinares resulta más compleja (Varela y Martínez, 1997).

- Finalmente, en el *diseño de la experimentación* (DC3.2) se logran resultados muy satisfactorios, y en el segundo problema un 74% de los estudiantes se encuentra en los niveles 3 y 4.

Para completar este análisis, se muestran ejemplos de producciones de los estudiantes para algunas de las fases de la MRPI.

Las Tablas 2 y 3 presentan ejemplos extraídos de los informes para la DC1.2, *reformulación*, y DC3.1, *identificación y control de variables*, para los niveles de resolución definidos, junto con el porcentaje de estudiantes incluido en los mismos. Asimismo, el Cuadro 4 presenta el informe del alumno A10 para la DC1.1, *representación cualitativa*.

Nivel	Ejemplo
2	«Comparar qué tejido protegerá mejor del frío». (A4). [Representativo de 26%.]
3	«Ver qué tejido mantiene más caliente algo situado en su interior». (A10). [Representativo de 21%.]
4	«Durante un tiempo determinado, comprobar cuál de los dos materiales (plástico y lana) es más eficaz previniendo la pérdida de calor o el enfriamiento del contenido o persona». (A12). [Representativo de 32%.]

Tabla 2. Ejemplos de respuestas del alumnado (A) para DC1.2, *Reformulación*, para “¿Qué tejido abriga más?”

Nivel	Ejemplo
2	«Variable independiente: la mancha; Variable dependiente: cantidad de detergente, dimensiones de la tela y cantidad de agua <sup>1</sup> ». (A9). [Representativo de 32%.]
3	«Tomamos como variables de control las siguientes: cantidad de detergente, volumen de agua, cantidad de sustancia utilizada para crear las manchas y tiempo que cada mancha esté sumergida en la disolución de detergente <sup>2</sup> ». (A2). [Representativo de 32%.]
4	«Variable independiente: el tipo de detergente; Variable dependiente: lo marcada que está la mancha, es decir, que se haya retirado en mayor o menor medida; Variables de control: la sustancia con la que se manchará la tela, la cantidad de detergente, los tiempos de lavado». (A10). [Representativo de 26%.]

Tabla 3. Ejemplos de respuestas del alumnado (A) para DC3.1, *Identificación y control de variables*, para “¿Qué detergente lava mejor?”

<sup>1</sup>Parece querer indicarse qué ha de permanecer sin cambios (serían variables de control).

<sup>2</sup>Se omite una identificación explícita de las variables dependiente e independiente.

# REPRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

## 1. ANÁLISIS CUALITATIVO DEL PROBLEMA

- Comprensión y representación del problema.

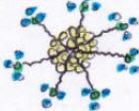
- **DETERGENTE:** Sustancia tensioactiva y anfipática que tiene la propiedad química de disolver la suciedad o las impurezas de un objeto sin corroerlo. La mayoría son compuestos de sodio de sulfonato de benceno sustituido.

Un detergente a de:

- ser soluble en agua
- tener afinidad por las grasas
- no afectar a los tejidos
- no ser tóxico ni alérgico
- tener capacidad para eliminar las manchas.
- no tener olor desagradable.

• **TENSIÓACTIVO:** Sustancia que influye por medio de la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases. En tecnología doméstica son sustancias que permiten mantener una emulsión. Facilitan la tarea del agua al conseguir que este moje mejor los tejidos. Separa la suciedad de los tejidos e impide que esta se deposite de nuevo.

• **MOLECULA ANFIPÁTICA:** Aquella que posee un extremo hidrofílico, que es soluble en agua, y otro hidrofobo, que rechaza el agua. Estas dos partes tenderían a separarse si se agregan a una mezcla de dos sustancias.



→ jabón

extremo hidrofóbico

extremo hidrofílico

○ → grasas

● → agua.

• **LIMPIAR:** Quitar la suciedad.

Cuadro 4. Producción de Nivel 4 para DC1.1, *Representación cualitativa*, para “¿Qué detergente lava mejor?”, realizada por A10.

Al ser la *identificación y control de variables* (DC3.1) y el *diseño de la experimentación* (DC3.2) competencias de gran importancia en la planificación de investigaciones, se realiza un análisis más pormenorizado de las mismas.

Para DC3.1 se profundiza en las *variables de control* (VC), aspecto sobre el que pretende incidir la MRPI; en la Tabla 4 se presenta su identificación para el problema “¿Qué tejido abriga más?” Los resultados para “¿Qué detergente lava mejor?” son similares.

VC*	Estudiantes																			Expl.*		Ident.*	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	N	%	N	%
Cantidad agua en las latas	Y	x		x	x	Y	Y		x	Y	Y	x	Y	Y	x	x	Y			8	42	15	79
Tiempo de enfriar	Y	x	x	Y	Y	x	x		x	Y	Y	Y	Y	Y	Y	x	x	Y	x	10	53	18	95
Superficie tejidos	x	Y		x		x	x			Y	Y	x	Y	Y	Y	x	x	Y		7	37	14	74
Tipo de lata		Y	x	x			Y			x	x					x				2	11	7	37
Temperat. inicial del agua	x	x	x	x	Y	Y			Y	Y	Y	x	Y	Y	x	x	Y	Y		9	47	16	84

Tabla 4. Análisis de las variables de control (VC) para “¿Qué tejido abriga más?”

\* Y: VC identificadas explícitamente; x: VC señaladas implícitamente en el diseño experimental.

\* ‘Expl.’: estudiantes (N y %) que identifican cada VC explícitamente; ‘Ident.’: los que las señalan ya sea explícita o implícitamente.

La Tabla 4 nos indica que un porcentaje superior al 75% de los estudiantes identifica al menos implícitamente la mayor parte de las variables de control. No obstante, sería deseable una mejoría en relación con su verbalización explícita. Estos resultados están en línea con los de otras investigaciones utilizando metodologías indagativas (Martínez y Varela, 2009; Ferrés, Marbà y Sanmartí, 2015).

En cuanto a la DC3.2, *diseño de la experimentación*, aquí es donde hay más estudiantes en los niveles 3 y 4, lo que puede deberse a que el alumnado esté más familiarizado con la propia resolución de los problemas (o toma de decisiones), debido a la forma tradicional en que suelen plantearse las actividades de laboratorio.

En el caso del 1º problema, “¿Qué detergente lava mejor?”, las estrategias de resolución consideradas son muy similares entre sí, hecho que puede deberse a los consensos adoptados al trabajar en grupos, o equipos de investigación, antes de la entrega de los informes finales (Vilches y Gil, 2011).

Por otra parte, en el caso del problema abierto “¿Qué tejido abriga más?”, resuelto individualmente, sí que existe una mayor variedad de estrategias de resolución, como se observa en la Tabla 5. Para este problema (Cuadro 2), una parte destacable de los escolares elige como fuente de variación térmica el secador con el calentador apagado (10 estudiantes, 53%), aunque otros optan, tras calentar las latas, por dejarlas enfriándose sin ayuda del secador (2 estudiantes, 11%).

Además, 5 estudiantes (26%) diseñan una experimentación que incluye dos tipos de variación térmica para corroborar los resultados (Tabla 5). Aquí, el haber realizado un análisis cualitativo previo origina que emerja el concepto de aislamiento térmico, siendo el mejor abrigo aquel que produzca una menor variación de temperatura del agua en las latas. Así, incluso se llega a considerar un proceso de enfriamiento y uno de calentamiento para contrastar los resultados.

<b>Estrategia de resolución</b>	<b>N de estudiantes</b>	<b>% de estudiantes</b>
Estrategia incoherente con el problema	<b>1</b>	<b>5,3</b>
Estrategia no operativizada	<b>1</b>	<b>5,3</b>
Estudio de 1 proceso de variación térmica, <i>de los cuales</i>	<b>12</b>	<b>63,1</b>
<i>enfriamiento con secador*</i>	<i>10</i>	<i>52,6</i>
<i>enfriamiento sin secador</i>	<i>2</i>	<i>10,5</i>
Estudio de 2 procesos de variación térmica, <i>de los cuales</i>	<b>5</b>	<b>26,3</b>
<i>enfriamiento con y sin secador</i>	<i>3</i>	<i>15,8</i>
<i>enfriamiento (secador) y calentamiento (olla)</i>	<i>2</i>	<i>10,5</i>

Tabla 5. Estrategias de resolución para “¿Qué tejido abriga más?”

\*1 escolar de estos 10 propone comparar los enfriamientos del agua con y sin tejido protector.

En síntesis, las aportaciones presentadas están en la línea de lo expuesto en otros estudios donde se trabaja la *Metodología de Resolución de Problemas como Investigación* con estudiantes de secundaria (Martínez e Ibáñez, 2005; Pavón y Martínez, 2014). Puede afirmarse que los estudiantes de 4º de ESO analizados alcanzan niveles competenciales satisfactorios en los distintos procedimientos de la MRPI sobre la planificación de investigaciones, y mejoran a lo largo del proceso, muy probablemente favorecidos por la discusión del 1º problema abierto tras su realización y revisión por parte del profesor. En este sentido, Taconis y otros (2001) exponen, tras analizar los resultados de múltiples investigaciones en resolución de problemas, que los mejores resultados se obtienen al llevar a cabo procesos de realimentación y puestas en común de los aprendizajes, en línea con la metodología de aula de este estudio.

### *b) Segunda pregunta de investigación*

Para responder esta pregunta, primero se abordan las producciones de los estudiantes para “¿Qué papel absorbe más?”, resuelto antes de introducir la MRPI,

para compararlos con los informes comentados del último problema trabajado con la MRPI, “¿Qué tejido abriga más?”

*Situación previa a la MRPI: problema abierto “¿Qué papel absorbe más?”*

En la Tabla 6 se recogen los resultados del alumnado para las dimensiones competenciales (DC). Se muestra que antes de trabajar con la MRPI, en todas las DC predominan las asignaciones de los niveles inferiores 1 y 2, excepto en DC3.2, donde los estudiantes invierten todos sus esfuerzos, sin pasar por etapas como el análisis cualitativo o la emisión de hipótesis. Estos resultados contrastan con los presentados en la Tabla 1 (para problemas resueltos con la MRPI).

La Tabla 6 también muestra la ordenación de las DC de peores a mejores resultados: DC1.1 < DC1.2 < DC2 < DC3.1 < DC3.2. Además, en DC1.1 (representación cualitativa), DC1.2 (reformulación) y DC2 (hipótesis), solo 3, 3 y 5 estudiantes, respectivamente, se encuentran al menos en un Nivel 2, y el resto ni siquiera las lleva a cabo. Este hecho puede reflejar la metodología seguida habitualmente en las aulas, centrada en la resolución de problemas cerrados, encaminados a operar con los datos del enunciado (Ramírez, Gil y Martínez-Torregrosa, 1994; Martínez, 2009). Finalmente, a pesar de que muchos escolares pasan directamente a DC3.2, hay 10 estrategias adecuadas (niveles 3 y 4) y 9 erróneas.

Dimensión	Frecuencias (N=19)				Indicadores de Logro	
	N1	N2	N3	N4	IL1	IL2
DC1.1 – Repr. cualitativa	16	3	0	0	-1,00	1,16
DC1.2 – Reformulación	16	2	1	0	-0,89	1,21
DC2 – Emisión hipótesis	14	3	2	0	-0,79	1,37
DC3.1 – Identif. variables	7	9	3	0	-0,68	1,79
DC3.2 – Diseño experim.	0	9	7	3	+0,05	2,68

Tabla 6. Indicadores de Logro para “¿Qué papel absorbe más?”

Desde un punto de vista descriptivo, en DC3.1, *identificación y control de las variables*, el número de estudiantes en los niveles 1 y 2 (16, 84%) es mucho mayor que el de los niveles superiores (3, 16%), y ninguno explicita las variables del problema (Nivel 4).

Un 37% de estudiantes (7) considera implícitamente variables dependientes inadecuadas (como la masa *total* de los papeles tras humedecerlos, sin pensarlos previamente; Nivel 1). Los alumnos en el Nivel 2 identifican adecuadamente las variables dependiente e independiente, aunque con carácter implícito, y los del Nivel 3, además, identifican implícitamente las dos variables de control.

Si se profundiza en las variables de control (VC), se comprueba que su identificación resulta compleja para el alumnado en un momento inicial (APU, 1987;

Martínez y Varela, 2009). Los porcentajes de estudiantes que consideran las VC para este problema es muy bajo (ver Tabla 7): solo 3 escolares identifican ambas VC.

VC <sup>+</sup>	Estudiantes																			Ident.*	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	N	%
Superficie de papel				x		x									x	x			x	5	26
Tiempo de humedecer						x										x	x		x	4	21

Tabla 7. Variables de control (VC) identificadas implícitamente en “¿Qué papel absorbe más?”

<sup>+</sup> x: VC señaladas implícitamente en la resolución (ningún estudiante las explicita).

\* ‘Ident.’: estudiantes (N y %) que identifican cada VC.

Si se comparan los resultados de la Tabla 7 con los anteriores de la Tabla 4, para un problema abierto trabajado con la MRPI, podría desprenderse la incidencia favorable del modelo propuesto en el control de las variables.

En el *diseño de la experimentación*, DC3.2, es donde se parte de una situación más favorable en términos relativos. En el Cuadro 5 se presenta una resolución de Nivel 4, que al margen de su redacción (estudiante de nacionalidad extranjera), incluye las dos variables de control, indica precauciones y adjunta una representación gráfica del diseño.

- llenar la bandeja de plástico de agua.  
 - dejo el papel X, Y, Z en la bandeja por separado, dejándolo a cada papel 1.5 minutos para que absorbe, es al máximo que puede.  
 - saco con cuidado el papel, escuro, dejando el agua que ha absorbido por papel en el vaso precipitado. Hago lo mismo con otros dos papeles en los vasos precipitados individuales.  
 - Y por último, peso a cada uno de los 3 vasos con agua en la balanza. Al que más peso tiene, ese papel que había exprimido su agua en el vaso es de mayor absorción.

Diagram description: The diagram shows a sequence of four steps. 1. A rectangular tray containing water. 2. A piece of paper labeled 'papel X' is placed on top of the water in the tray. 3. The paper is being lifted out of the water. 4. The paper is being squeezed over a graduated cylinder to collect the water it has absorbed. Below the diagram, there are handwritten notes: 'papel X, Y, Z mismo tamaño' and 'dejando lo 1/2 min en el agua, luego saco pero de no lo llevo a pesar de inmediato'.

Cuadro 5. Producción de Nivel 4 para DC3.2, *Diseño de la experimentación*, para “¿Qué papel absorbe más?”, realizada por A19.

En la Tabla 8 se listan las estrategias de resolución adoptadas y los porcentajes de estudiantes que las siguieron. En la categoría *otros métodos cuantitativos* se incluye la medición de: la altura del agua desalojada por cada papel, el tiempo necesario para absorber una cierta cantidad de agua, o la masa *total* de los papeles tras humedecerlos. Algunas de estas estrategias (como la última) no conducen a la solución del problema.

Estrategia de resolución	N de	% de
	Estudiantes	estudiantes
Pesar o medir el volumen de agua absorbida/desalojada	8	42,1
Pesar los trozos de papel antes y después	4	21,1
Otros métodos cuantitativos	5	26,3
Métodos cualitativos	2	10,5

Tabla 8. Estrategias de resolución para “¿Qué papel absorbe más?”

### *Evolución de las dimensiones competenciales en el proceso*

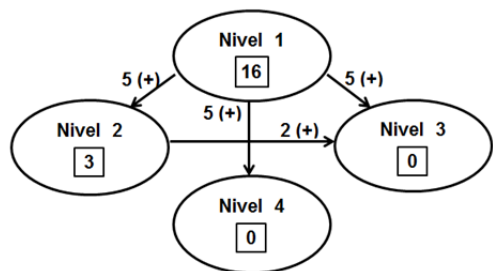
Para responder a la 2ª pregunta del estudio hay que considerar el análisis previo acerca de “¿Qué tejido abriga más?”, planteado en la última sesión sobre la MRPI, y compararlo con el análisis para “¿Qué papel absorbe más?” (problema inicial, sin la MRPI). Lo que ahora compete es analizar el desarrollo del modo de planificar investigaciones de los estudiantes, considerando las dimensiones competenciales DC1.1 a DC3.2. Para ello, se elaboran diagramas cualitativos de tipo Bliss, presentados en la Figura 1, para percibir intuitivamente la evolución individual de los estudiantes (Osborne et al., 1990; Pavón y Martínez, 2014). En la figura, en el cuadro de cada elipse se incluye el número de estudiantes y el nivel en que se encuentran para “¿Qué papel absorbe más?”, y con las flechas se indica la dirección y el número de estudiantes que pasan de un nivel a otro a lo largo del proceso, que finaliza con la resolución de “¿Qué tejido abriga más?”

Los diagramas de Bliss dan cuenta de que, tras el trabajo con la MRPI, la evolución en la representación cualitativa (DC1.1), la reformulación (DC1.2) y la emisión de hipótesis (DC2) es muy relevante, hecho que podría facilitar las posteriores etapas de resolución de problemas sobre diferentes contenidos científicos.

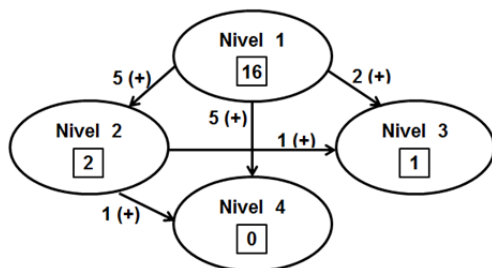
En la Figura 1 también se observa una mejoría en la *identificación y control de variables* (DC3.1), aunque ligeramente menor que en las variables anteriores: son 12 los estudiantes que evolucionan positivamente, y 2 los que retroceden, aunque en el problema final 9 escolares aún muestran dificultades para explicitar las variables (Nivel 2). Por la importancia de estos aspectos en las investigaciones, y en el desarrollo cognitivo de los estudiantes, haría falta trabajar más problemas para lograr niveles competenciales más elevados en este ámbito (Martínez e Ibáñez, 2005), considerando puestas en común del aprendizaje (Taconis, Ferguson-Hessler, Broekkamp, 2001).



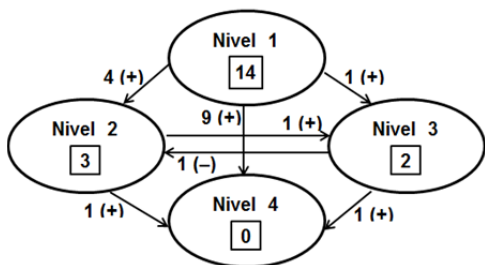
REPR. CUALITATIVA DE LA SIT. PROBLEMÁTICA (DC1.1)



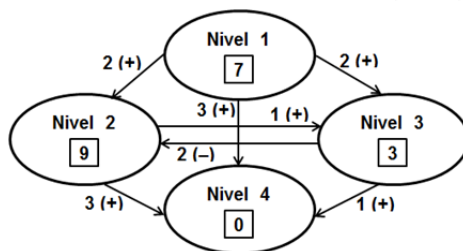
REFORMULACIÓN DEL PROBLEMA ABIERTO (DC1.2)



EMISIÓN DE HIPÓTESIS (DC2)



IDENTIF. Y CONTROL DE VARIABLES (DC3.1)



DISEÑO DE LA EXPERIMENTACIÓN (DC3.2)

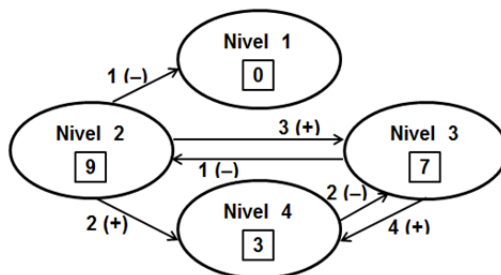


Figura 1. Diagramas de Bliss de evolución de las dimensiones competenciales a lo largo del proceso. (+): transitos de estudiantes a niveles de corrección superiores a los del problema inicial (*avances*); (-): transitos a niveles inferiores (*retrocesos*).

Finalmente, para el *diseño de la experimentación*, la DC que parte de una situación más favorable, también se observa una evolución notable (Figura 1). Si se considera el estudio de APU, los resultados de la muestra con edad media de 15 años son significativamente peores para “¿Qué tejido abriga más?”, problema final de este estudio, que para “¿Qué papel absorbe más?”, el problema inicial resuelto sin la MRPI (APU, 1987, pág. 50). Por ello, los resultados obtenidos resultan aún más

destacables. Aunque se produce un retroceso de nivel en 4 escolares, explicable por la mayor complejidad conceptual (ver Anexo 1), también hay avances para 9 estudiantes, y 2 de ellos pasan del Nivel 2 al 4.

Así, aunque en el problema abierto inicial la mayoría de los alumnos abordaba directamente la estrategia de resolución, invirtiendo todos sus esfuerzos en ella, estos resultados parecen indicar que el paso por etapas previas, como el análisis cualitativo o las hipótesis, influyen muy positivamente en la propia estrategia de resolución. Como afirman los autores del estudio APU mencionado, “*the key point is that performance on setting up is influenced by both procedural and conceptual understanding*” (APU, 1987, pág. 50).

## Conclusiones

A partir del análisis realizado, se puede decir que se han obtenido respuestas favorables para ambas preguntas de investigación, y afirmar que se han cumplido los objetivos que promovieron el estudio, acerca de la mejora en la competencia científica.

En relación con la primera pregunta:

- Los estudiantes de 4º de ESO de la muestra han progresado de forma relevante en el aprendizaje de los procedimientos incluidos en la MRPI sobre la planificación de investigaciones. En este sentido, en todas las variables metodológicas consideradas son más los estudiantes situados en los niveles de resolución superiores (3 y 4) que en los inferiores. Además, los indicadores de logro obtenidos nos informan de forma comparada del grado de éxito de los estudiantes en el dominio de las competencias, que de mayor a menor grado son: *emisión de hipótesis, diseño de la experimentación, representación cualitativa de la situación problemática, identificación y control de variables y reformulación del problema abierto*. Asimismo, las dos dimensiones competenciales donde se ha producido una mejoría mayor a lo largo del proceso han sido la *representación cualitativa* y la *emisión de hipótesis*. Esta ordenación se asemeja a la de otros estudios con metodologías indagativas (Martínez y Varela, 2009; Ferrés, Marbà y Sanmartí, 2015), presentándose las mayores diferencias en la emisión de hipótesis, fuertemente dependiente del contexto de los problemas (Blanco, España y Rodríguez, 2012).

En relación con la segunda pregunta:

- Al igual que en otros ámbitos (Martínez e Ibáñez, 2005), la introducción de la MRPI ha posibilitado la mejoría en las dimensiones de la competencia científica en planificación de investigaciones, hacia niveles más complejos y próximos a los utilizados por los científicos. Antes de abordar la *Metodología de Resolución de Problemas como Investigación*, la gran mayoría de los estudiantes de 4º de ESO no abordaban etapas como el análisis cualitativo, la emisión de hipótesis o la explicitación de las variables para planificar investigaciones. En este sentido, se ha comprobado que además de evitar las omisiones de estos procedimientos en sus resoluciones, la MRPI presenta una influencia muy positiva en los propios diseños

experimentales de los escolares, con mención especial al *control* de las variables, resaltando la conveniencia de realizar un análisis cualitativo previo a la propia resolución del problema.

Además, los estudiantes han sido capaces de transferir el aprendizaje de la MRPI a situaciones problemáticas que abordan contenidos científicos diferentes. Este hecho respalda la conveniencia de recurrir a una metodología como la seguida, para facilitar que el alumnado sea competente en la resolución de una mayor variedad de problemas.

No obstante, cabe tener presentes ciertas limitaciones del estudio, como el pequeño número de problemas abiertos considerados, la restricción a las fases de *planificación* de la investigación u otras inherentes al diseño experimental escogido. Por ello, futuras investigaciones podrían ir en la línea de profundizar el estudio sobre estos aspectos, además de analizar diferentes formas de compatibilizar el trabajo individual de los escolares con el cooperativo, en relación con su eficacia para el desarrollo de la competencia científica.

Por último, hay que destacar que en el presente estudio se profundiza en el conocimiento didáctico sobre la MRPI y se amplía a otro contexto escolar, aportándose ejemplos para su posible utilización por parte del profesorado de secundaria.

## **Agradecimientos**

Nuestro agradecimiento a los escolares del IES Cardenal Cisneros de Madrid, a la profesora Belén García González y al equipo directivo por facilitarnos el trabajo realizado.

## **Referencias bibliográficas**

- ABD-EL-KHALICK, F., BOUJAOUDE, S., DUSCHL., R., LEDERMAN, N. G., MAMLOK-NAAMAN, R., HOFSTEIN, A., NIAZ, M., TREAGUST, D. y TUAN, H-L. (2004). Inquiry in Science Education: International perspective. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- APU (Assesment of Performance Unit). (1987). *Assessing investigations at ages 13 and 15. Science report for teachers: 9*. Letchworth: Adiard & Son Ltd. The Garden City Press.
- BÁRCENA, A. I. (2015). *Estudio de la influencia de una metodología investigativa de resolución de problemas en el aprendizaje de la química en alumnos de Bachillerato*. Madrid: Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de <http://eprints.ucm.es/30524/1/T36151.pdf>, 10 de octubre de 2015.
- BLANCO, Á., ESPAÑA, E. y RODRÍGUEZ, F. (2012). Contexto y enseñanza de la competencia científica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 9-18.

- CAAMAÑO, A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? Los trabajos prácticos investigativos. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 83-91.
- COMISIÓN EUROPEA (2007). *Science Education now: A renewed pedagogy for the future of Europe* ("Informe Rocard"). Recuperado de: [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf), 22 de diciembre de 2014.
- FERRÉS, C., MARBÀ, A. y SANMARTÍ, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37.
- FORTUS, D., KRAJCIK, J., DERSHIMER, R., MARX, R. y MAMLOK-NAAMAN, R. (2005). Design-based science and real-world problem solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.
- GARRETT, R. M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: Implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 224-230.
- GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1983). A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4), 447-455.
- GREENO, J. G. (1998). The situativity of knowing, learning and research. *American Psychologist*, 53, 5-26.
- HERNÁNDEZ, R. FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. (2006). *Metodología de la Investigación* (4ª Ed.). México: McGraw-Hill.
- IBÁÑEZ, M<sup>a</sup>. T. y MARTÍNEZ AZNAR, M<sup>a</sup>. M. (2007). Solving problems in genetics (III): Change in the view of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(6), 747-769.
- LINN, M. C., DAVIS, E. A., y BELL, P. (2004). *Internet Environments for Science Education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- MARTÍNEZ AZNAR, M<sup>a</sup>. M. e IBÁÑEZ, M<sup>a</sup>. T. (2005). Solving problems in genetics. *International Journal of Science Education*, 27(1), 101-121.
- MARTÍNEZ AZNAR, M<sup>a</sup>. M. (2009). La MRPI: una metodología investigativa para el desarrollo de las competencias científicas escolares en la Educación Primaria. En Cervelló Collazo, J. (Coord.), *Educación científica "ahora": el Informe Rocard* (pp. 47-78). Madrid: Ministerio de Educación.
- MARTÍNEZ AZNAR, M<sup>a</sup>. M. y VARELA, M<sup>a</sup>. P. (2009). La resolución de problemas de energía en la formación inicial de maestros. *Enseñanza de las ciencias*, 27(3), 343-360.
- MARTÍNEZ AZNAR, M<sup>a</sup>. M. y BÁRCENA, A. I. (2013). ¿Es beneficioso masticar bien para realizar una buena digestión? Una actividad de indagación en un aula de diversificación. *Educación Química, EduQ*, 14, 19-28.

- MEC (2007). R.D. 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. Recuperado de <http://www.boe.es/boe/dias/2007/01/05/pdfs/A00677-00773.pdf>, 22 de diciembre de 2014.
- OSBORNE, R., BLACK, P., SMITH, M. y MEADOWS, J. (1990). *Light. Primary Space Project, Science Processes and Concept Exploration*. Liverpool: Liverpool University Press.
- PAVÓN, F. y MARTÍNEZ AZNAR, M<sup>a</sup>. M. (2014). La Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI): una propuesta indagativa para desarrollar la competencia científica en alumnos que cursan un programa de diversificación. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 469-492.
- PRINCE, M. J. y FELDER, R. M. (2007). The many faces of inductive teaching and learning. *Journal of College Science Teaching*, 36(5), 14-20.
- RAMÍREZ, J. L., GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1994). *La resolución de problemas de física y de química como investigación*. Madrid: MEC.
- RODRÍGUEZ, G., GIL, J. y GARCÍA, E. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Ediciones Aljibe, S.L.
- TACONIS, E., FERGUSON-HESSLER, M. y BROEKKAMP, H. (2001). Teaching science problem solving: an overview of experimental work. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(4), 442-468.
- VARELA, M<sup>a</sup>. P. y MARTÍNEZ AZNAR, M<sup>a</sup>. M. (1997). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la Física: La resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 173-188.
- VILCHES, A. y GIL, D. (2011). El trabajo cooperativo en las clases de ciencias. Una estrategia imprescindible pero aún infrutilizada. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 73-79.

### Correspondencia con los autores

M<sup>a</sup> Mercedes MARTÍNEZ AZNAR  
Facultad de Educación - C.F.P.  
Universidad Complutense de Madrid  
C/ Rector Royo Villanova, s.n.  
28040 Madrid  
e-mail: mtzaznar@ucm.es

## ANEXO 1

### Aspectos fundamentales para la resolución de “¿Qué tejido abriga más?”

#### DC1.1. Representación cualitativa de la situación problemática.

Los escolares comenzarán por considerar una serie de aspectos: 1) Abrigos, de tejidos naturales (lana, seda) o sintéticos (nylon), como objetos que previenen una bajada de temperatura del cuerpo humano. 2) La pérdida de temperatura de un cuerpo se debe al *equilibrio térmico*, que tiende a igualar las temperaturas de los cuerpos en contacto transfiriendo energía hacia el cuerpo a menor temperatura. 3) El flujo de calor depende de la resistencia de los materiales a que pase calor a su través (*resistividad térmica*). 4) Los materiales con una resistividad térmica elevada se dicen *aislantes*; los *abrigos* son *aislantes térmicos*. 5) Otros conceptos: el *viento* contribuye a la bajada de temperatura del cuerpo (convección), etc.

#### DC1.2. Reformulación del problema abierto.

Un enunciado operativo sería, p.ej.: «*Establecer cuál de los dos tejidos (plástico o de lana) da lugar a una menor bajada de la temperatura del agua en el cuerpo-lata, en un tiempo determinado*».

#### DC2. Emisión de hipótesis.

Un planteamiento podría ser: «*La lana será el tejido que protegerá mejor al cuerpo-lata de una bajada de temperatura, debido a su tradición para la confección de abrigos*».

#### DC3.1. Identificación y control de variables.

- Variable dependiente: temperatura final del cuerpo-lata.
- Variable independiente: el tipo de tejido (plástico o de lana).
- Variables de control: el tiempo, las latas (tipo y dimensiones), cantidad de agua en las latas y su temperatura inicial, superficie de los tejidos, modo de producir el enfriamiento.

#### DC3.2. Diseño de la experimentación.

Para resolver la cuestión planteada, habrá que registrar valores de la temperatura de las latas con el tiempo. Además de los dos tejidos a analizar, los *materiales* que podrían utilizarse son: olla para calentar el agua, tapas para las latas con termómetro incorporado, cronómetro, gomas para sujetar los tejidos, secador de pelo para simular el viento, etc.

Los estudiantes deberán explicar la “*toma de decisiones*” de su estrategia (conviene incorporar una representación gráfica). A modo de ejemplo: «1) *Se envolverán dos latas iguales con dos trozos del mismo tamaño de los dos tejidos*; 2) *Se calentará el agua hasta 50 °C, y se introducirán 25 cL en una de las latas, que se cerrará*; 3) *La lata se dejará durante 10 minutos a 30 cm del secador (con el calentador apagado), y se tomarán medidas de la temperatura cada 2 minutos*; 4) *Se repetirá 2. y 3. con la otra lata, envuelta por el otro tejido*. 5) *Se comprobará en qué caso la bajada de temperatura del cuerpo-lata es menor*».

## ANEXO 2

## Niveles de corrección para las dimensiones competenciales en “¿Qué tejido abriga más?”

Para todas las dimensiones, el **Nivel 1**: “No contestan, o sus aportaciones no son relevantes”.

Dimensión	Nivel	Descripción
DC1.1	2	Explican conceptos como «abrigar = proteger del frío» o «tejido = material que compone el abrigo», de forma poco exhaustiva.
	3	Explicitan los conceptos del Nivel 2 (p. ej., tejidos sintéticos o naturales, «el viento es aire en movimiento», etc.).
	4	Además del requisito anterior, introducen expresamente el concepto de <i>aislamiento térmico</i> .
DC1.2	2	La reformulación es inadecuada: no se operativiza el problema.
	3	Reelaboran el enunciado adecuadamente (cambios de temperatura interna).
	4	Además de lo anterior, expresan la necesidad de considerar un tiempo dado para estudiar la variación térmica.
DC2	2	Plantean una hipótesis incoherente con el marco teórico, o bien los enunciados no representan conjeturas.
	3	Realizan un enunciado coherente con el problema, pero no lo expresan en términos de hipótesis.
	4	Además de lo anterior, la redactan correctamente.
DC3.1	2	Identifican erróneamente las variables independiente (VI) y/o dependiente (VD), u omiten su identificación pero en la estrategia las señalan implícitamente.
	3	Identifican adecuadamente las variables, aunque o bien no incluyen <i>dos</i> variables de control (VC), o bien no explicitan inequívocamente VI y VD.
	4	Explicitan correctamente las variables VI, VD y, al menos, <i>dos</i> VC.
DC3.2	2	O bien no concretan la estrategia («someter latas a diferentes cambios») o bien los cambios de temperatura serían difíciles de detectar.
	3	Diseñan una estrategia correcta, cuyo desarrollo podría conducir a la solución del problema.
	4	Además de lo anterior, inciden en las magnitudes que permiten resolver el problema, o en precauciones a considerar. Algunos plantean realizar otro experimento de contraste.