

# Reflexiones de profesores de física y química en formación inicial sobre la resolución de problemas abiertos mediante Grupo de Discusión

Rodríguez-Arteche, I.; Martínez-Aznar, M.M.

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad Complutense de Madrid (UCM). [inigo.rodriguez.a@gmail.com](mailto:inigo.rodriguez.a@gmail.com)*

## RESUMEN

Se presenta una investigación sobre las reflexiones de estudiantes del Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria (especialidad de física y química) acerca de su resolución de una situación problemática abierta escolar sobre el cambio químico: “¿Qué puede ocurrir cuando dos sustancias se ponen en contacto?”. La resolución se aborda mediante la *Metodología de Resolución de Problemas como Investigación* (MRPI), enmarcada en los llamados *métodos indagativos*, reconocidos como adecuados para desarrollar la competencia científica del alumnado y aumentar su interés hacia las ciencias. Para conocer en profundidad las reflexiones de los estudiantes, se ha recurrido a un Grupo de Discusión. Aquí se presentan las aportaciones sobre el análisis cualitativo de la situación problemática, en concreto sobre el marco teórico de referencia, mostrándose las diferencias entre el tipo de información proporcionada por los participantes durante el debate.

## Palabras clave

Formación inicial del profesorado de Secundaria; Resolución de problemas abiertos; Grupo de Discusión; Vídeos; Cambio químico.

## INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

En los últimos años, distintos estudios insisten en la necesidad de integrar la *indagación* en la práctica de aula como proceso imprescindible en el aprendizaje de las ciencias (Windschitl y otros, 2008), y para aumentar el interés del alumnado hacia éstas (Informe Rocard, 2007). Por definición, la indagación (*inquiry*) es un proceso de diagnóstico de problemas, 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 el Informe Rocard, 2007).

En el currículo español, la LOE (2006) recoge la utilización de la indagación, como medio para la adquisición de la competencia científica de los escolares. Al igual que desde las instancias europeas (Informe Rocard, 2007; Informe PRIMAS, 2010) se sugiere la utilización de metodologías inductivas, donde el alumnado se enfrente a retos que requieran de la construcción de conocimiento para su resolución. Estas metodologías difieren en la naturaleza, alcance del reto y grado de guía del profesor para superarlo (Walker, 2007), y se denominan genéricamente *Inquiry-Based Science Education* (IBSE).

Por otra parte, el mencionado Informe Rocard afirma que “*el profesorado juega un papel clave en la renovación de la educación científica*” (Informe Rocard, 2007, pág. 14). En este sentido, el Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria (MFPS), implantado en nuestro país en el curso 2009/10 y concebido para contribuir a una renovación de la enseñanza, debe promover la acogida de los métodos indagativos entre el profesorado, donde llega a creerse que son difíciles de gestionar, requieren mucho tiempo o que no se dispone de recursos adecuados (Quintanilla y otros, 2010).

Por ello, en la asignatura de Didáctica de la Química de la UCM se realiza una propuesta de Unidades Didácticas basadas en situaciones problemáticas abiertas, para el aprendizaje de los *Cambios Físico y Químico* en 3º de ESO (Martínez y otros, 2013). Además, son los propios estudiantes de Máster quienes resuelven los problemas abiertos, para favorecer su reflexión y análisis crítico.

Para la resolución de los problemas abiertos, se ha introducido la *Metodología de Resolución de Problemas como Investigación* (MRPI). La MRPI, ejemplo de IBSE, es un heurístico para resolver problemas de “lápiz y papel” y “experimentales” (Gil y Martínez-Torregrosa, 1983; Ibáñez y Martínez, 2007; Martínez y Varela, 2009; Martínez y Bárcena, 2013), en grupo, en semejanza al trabajo del científico novel dentro de los equipos de investigación. Consta de 5 fases que recogen expresamente las dimensiones de la competencia en *conocimiento e interacción con el mundo físico*, o competencia científica: 1. Análisis cualitativo del problema; 2. Emisión de hipótesis; 3. Diseño de estrategias de resolución; 4. Desarrollo y resolución del problema; 5. Análisis de resultados.

## **OBJETIVOS**

La presente comunicación forma parte de una investigación más amplia, sobre la formación inicial de profesores de física y química en el ámbito de la enseñanza-aprendizaje de la ciencia por indagación, y en concreto de la Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI).

El estudio aquí expuesto plantea conocer el análisis de un grupo de futuros profesores sobre su resolución experimental previa del problema abierto escolar “*¿Qué puede ocurrir cuando dos sustancias se ponen en contacto?*”, mediante la MRPI. Por ello, se pretende estudiar tanto sus valoraciones sobre su resolución como las reflexiones indirectas que surgen del Grupo de Discusión, que es la técnica de recogida de datos utilizada. Asimismo, se busca conocer las diferencias entre el tipo de aportaciones de los distintos participantes del Grupo.

## **METODOLOGÍA**

Este trabajo es descriptivo y cualitativo, ya que estudia una realidad con la intención de interpretarla según los objetivos de investigación planteados (Rodríguez y otros, 1999). Además, se plantea como estudio de caso para analizar las reflexiones de los profesores de física y química en formación inicial.

### **Muestra de estudio**

Del conjunto de 9 grupos en los que se distribuye la clase de Didáctica de la Química de la UCM (curso 2013/14), con al menos un físico y un químico en cada uno, para este estudio se trabaja con 2 grupos, considerando su disponibilidad para asistir a actividades complementarias en momentos esporádicos. Sus características se indican en la Tabla 1.

	Alumno/a	Sexo	Edad	Titulación
<i>Grupo 1</i>	A1	Mujer	24	Lic. Química
	A2	Hombre	26	Lic. Física
	A3	Hombre	35	Ing. Caminos
<i>Grupo 2</i>	A4	Hombre	29	Ing. Industrial
	A5	Mujer	30	Lic. Física
	A6	Hombre	23	Lic. Química

Tabla 1. Muestra de estudio, distribuida en 2 grupos de acuerdo a sus titulaciones.

### Metodología de aula

Los estudiantes, distribuidos en dos grupos aislados entre sí, resuelven los siguientes problemas abiertos escolares, de naturaleza experimental (Martínez y otros, 2013):

1. “¿Cómo se podría separar una mezcla de sulfato de cobre (II), paradiclorobenceno y sulfato de bario?”, de la Unidad Didáctica *Unidad y Diversidad de Materiales en la Naturaleza*, para 3º de ESO.
2. “¿Qué puede ocurrir cuando dos sustancias se ponen en contacto?”, y
3. “¿Qué le puede ocurrir a una sustancia cuando la calentamos?”, ambos de la Unidad Didáctica *Cambio y Diversidad en la Naturaleza*, para 3º de ESO.

Tras realizar las resoluciones experimentales, los estudiantes deben presentar un informe siguiendo las cinco fases de la MRPI. Además, tras finalizar cada problema, se realiza un Grupo de Discusión donde interviene toda la muestra, para fomentar su reflexión sobre esta metodología. En este estudio, nos centraremos en el *Problema 2*.

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

Para recoger los datos para el estudio, se ha realizado un Grupo de Discusión, técnica para conocer en profundidad las reflexiones de los participantes respecto al tema a debate (Stewart y otros, 2006). Consiste en un método cualitativo, situado en la familia de las entrevistas grupales, que por su carácter no directivo presenta la ventaja de que las opiniones de los participantes no se ven limitadas por las concepciones previas de los investigadores (Gutiérrez, 2008). En la sesión se han mostrado cortes de vídeo de la resolución experimental, recurso que permite relacionar la metodología de enseñanza propuesta con la participación de los estudiantes en ella, y promover su reflexión (Martin y Siry, 2012).

La sesión se celebró el 31 de enero de 2014, con una duración aproximada de 50 minutos, y se registró en audio y en vídeo. El moderador, miembro del equipo investigador, se encargó de plantear el tema de discusión sin intervenir, generar un clima de confianza para que fluyera la conversación y distribuir las intervenciones, solicitando su concreción de ser necesario, pero sin manifestar sus acuerdos o desacuerdos con las mismas (Gutiérrez, 2008). Por otra parte, las intervenciones de los participantes responden a: 1º) la indicación inicial del moderador para que expresen los aspectos que quieran destacar sobre su resolución del problema y, 2º) el visionado de 9 cortes de vídeo, organizados por contenido, mostrándose en cada uno de ellos a ambos grupos de la muestra en distintas etapas de su resolución.

Para *analizar* las interacciones verbales de la muestra, tras la transcripción de la sesión y su segmentación en unidades de análisis, estas últimas se distribuyen en familias o

categorías centrales. Se comienza con 5 categorías predefinidas de acuerdo a nuestro marco conceptual: las 5 fases de la MRPI (Cuadro 1). Además, el desarrollo de la sesión hace que se establezcan otras 6 categorías centrales: Verbalización, Autoconfianza, Autoeficacia, Problema Abierto-*contacto*, Papel del Profesor en la MRPI y Futura Labor Docente. A cada caso se incorporan otras subcategorías, sobre las valoraciones de las resoluciones de los participantes y las reflexiones indirectas derivadas del debate. Todo ello permite organizar la información en *redes sistémicas*, método propuesto para analizar datos cualitativos recogidos en cuestionarios abiertos o entrevistas (Jorba y Sanmartí, 1994; Ibáñez y Martínez, 2007). Para ello, el equipo investigador debe identificar respuestas similares para agruparlas en una misma categoría, o encontrar matices por los que sea interesante diferenciar respuestas aparentemente similares.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se presentan los resultados del Grupo de Discusión sobre “¿*Qué puede ocurrir cuando dos sustancias se ponen en contacto?*”. Aquí, los 6 estudiantes de la muestra han intervenido conjuntamente, dando lugar a 198 unidades de información (UI), en base a sus aportaciones verbales, de las que aquí se consideran las 53 correspondientes a la categoría central de *Análisis cualitativo del problema*, fase 1 de la MRPI y categoría con mayor número de UI.

Para organizar las UI, como subcategorías se han distinguido: 1º) las *reflexiones directas* sobre la resolución (valoración de actuaciones) y, 2º) las *reflexiones indirectas* que surgen del debate. En el caso de las *primeras*, se han considerado las valoraciones positivas (+), negativas (-), neutras (N) y las dudas (?) sobre aspectos de la resolución, como se muestra en la Tabla 2. Para las *segundas*, se han distinguido cuatro tipos:

- Tipo 1: reflexiones sobre destrezas manipulativas.
- Tipo 2: reflexiones sobre conceptos del marco teórico del problema.
- Tipo 3: reflexiones sobre la relación teoría-práctica (resolución de problemas).
- Tipo 4: reflexiones sobre los presupuestos implícitos en la metodología seguida.

Con estas subcategorías se ha elaborado la red sistémica mostrada en el Anexo 1, que agrupa las unidades de información, permitiendo una mejor perspectiva de la sesión.

En cuanto a las frecuencias de las UI en las distintas subcategorías, éstas se recogen en la Tabla 2, por estudiante, grupo de trabajo y en conjunto. En la tabla puede observarse que para la categoría de *Análisis cualitativo del problema*, en el Grupo de Discusión predominan las reflexiones indirectas (39) sobre las directas (14), con un gran número de reflexiones de tipo 2 sobre conceptos. También se observa que en la valoración de las actuaciones, los estudiantes señalan tanto aspectos positivos (6) como negativos (4). Además, en conjunto, los Grupos 1 y 2 (Tabla 1) distribuyen sus reflexiones de forma similar; no obstante, sí que se observan diferencias a nivel individual. Los estudiantes A1 y A2 presentan una variedad mayor en sus reflexiones; A6 realiza el mayor número de aportaciones, con 19 reflexiones sobre conceptos, pero no valora la actuación del grupo en este ámbito; A3 y A4, titulados en ingeniería, centran sus aportaciones en la valoración de sus actuaciones.

Finalmente, en cuanto a las reflexiones indirectas sobre conceptos (tipo 2), como se observa en la red sistémica del Anexo 1, destacan las relacionadas con la *solubilidad* (a), el *color* y la *transparencia* (b) y la *fusión y disolución de compuestos iónicos* (c). En estos casos tiene lugar un debate, promovido por intervenciones como las de la Tabla 3.

Alumno/a	REFLEXIONES								
	Directas (valorac. actuaciones)				Indirectas				TOTAL
	+	-	N	?	1	2	3	4	
A1	2	0	0	1	0	12	0	1	16
A2	1	2	2	0	0	5	0	1	11
A3	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<b>Grupo 1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>28</b>
A4	2	2	0	0	0	0	0	0	4
A5	1	0	0	0	0	0	0	1	2
A6	0	0	0	0	0	19	0	0	19
<b>Grupo 2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>25</b>
<b>Conjunto</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>53</b>

Tabla 2. Frecuencias de Unidades de Información para las distintas subcategorías, por estudiante, grupo de trabajo y en conjunto (categoría central: “Análisis Cualitativo”).

Contenido	Intervenciones
Solubilidad	“¿Una sustancia puede ser soluble y que... o sea, cuando le añades agua...?” “... yo lo que dudaba era si por el hecho de ser amarilla, era soluble o no.” [A1]
Color y transparencia	“O sea, ¿lo incoloro siempre es transparente?” [A2] “... ¿qué pasa con la radiación? ¿Pasa o se refleja?” [A1]
Fusión y disolución de comp. iónicos	“... cuando tienes un compuesto iónico y lo fundes... estás aplicando mayor energía en la reticular, y entonces estás separando las cargas, estás rompiendo la fuerza electrostática, ¿no?” [A1] “[...] Yo creo que no las separas, ¿no?” [A6]

Tabla 3. Intervenciones que originan debates, con acuerdos y desacuerdos, sobre conceptos.

En conclusión, el presente trabajo muestra la variedad de reflexiones a las que da lugar el trabajo con la Metodología de Resolución de Problemas como Investigación, al trabajar problemas abiertos escolares como “¿Qué puede ocurrir cuando dos sustancias se ponen en contacto?” Además, la técnica del Grupo de Discusión en base al visionado de vídeos mostrando a los estudiantes ha permitido estimular un debate sobre la valoración de las resoluciones del problema, y acerca de distintos conceptos del marco teórico, plasmados en una red sistémica. También ha permitido analizar las diferencias entre la información aportada por los participantes, distinguiéndose “subgrupos”, como el de los estudiantes A1 y A2, o el de A3 y A4.

No obstante, a pesar del potencial de esta técnica, ciertos aspectos sugeridos en los vídeos, como algunas concepciones alternativas que expresan los estudiantes de Máster, han pasado desapercibidos. Igualmente, en otros estudios sobre análisis de vídeos por profesores en formación inicial se constata que los aspectos más específicos se señalan en menor medida que las ideas generales que pueden extraerse de los mismos (Santagata y otros, 2007). Finalmente, se tiene presente que este trabajo constituye un punto de partida en el estudio de la reflexión del profesorado en formación inicial en torno a una metodología investigativa, donde es de interés el considerar la evolución de los participantes, para mejorar el proceso formativo al respecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- Gutiérrez, J. (2008). *Dinámica del grupo de discusión*. Madrid: CIS – Cuadernos Metodológicos.
- Ibáñez, M.T. y Martínez, M.M. (2007). Solving problems in genetics (III): Change in the view of the nature of science. *Int. Journal of Science Education*, 29(6), 747-769.
- Informe PRIMAS (2010). *PRIMAS context analysis for the implementation of IBL: international synthesis report*. PRIMAS-team, European project. Último acceso el 10 de marzo de 2014, desde: <http://www.primas-project.eu>
- Informe Rocard. (2007). *Science Education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. European Commission. Último acceso el 10 de marzo de 2014, desde: [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)
- Jorba, J. y Sanmartí, N. (1994). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua. Propuesta didáctica para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Madrid: MEC.
- Martin, S.N. y Siry, C. (2012). Using video in science teacher education: an analysis of the utilization of video-based media by teacher educators and researchers. En Fraser, B. J., Tobin, K. G. y McRobbie, C. J. (Eds.), *Second International Handbook of Science Education, vol. 1* (pp. 417-433). New York: Springer.
- Martínez, M.M. y Varela, M.P. (2009). La resolución de problemas de energía en la formación inicial de maestros. *Enseñanza de las ciencias*, 27(3), 343-360.
- Martínez, M.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.
- Martínez, M.M., Varela, M.P., Ezquerra, A., y Sotres, F. (2013). Las Unidades Didácticas escolares, basadas en competencias, como eje estructurante de la Didáctica de la Física y la Química para la formación inicial de profesores de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 616-629.
- Quintanilla, M., Joglar, C., Jara, R., Camacho, J., Ravanal, E., Labarrere, A., Cuéllar, L., Izquierdo, M. y Chamizo, J. (2010). Resolución de problemas científicos escolares y promoción de competencias de pensamiento científico. ¿Qué piensan los docentes de química en ejercicio? *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), 185-198.
- Rodríguez, G., Gil, J. y García, E. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Ediciones Aljibe, S.L.
- Santagata, R., Zannoni, C. y Stigler, J. (2007). The role of lesson analysis in pre-service teacher education: an empirical investigation of teacher learning from a virtual video-based field experience. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 10(2), 123-140.
- Stewart, D. W., Shamdasani, P. N. y Rook, D. N. (2006). *Focus Groups: theory and practice*. Thousand Oaks: SAGE publications.
- Walker, K.A. y Zeidler, D.L. (2007). Promoting Discourse about Socioscientific Issues through Scaffolded Inquiry. *Int. Journal of Science Education*, 29(11), 1387-1410.

Windschitl, M., Thompson, J. y Braaten, M. (2008). Beyond the Scientific Method: Model-Based Inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.

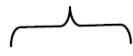
**ANEXO 1. Red sistémica sobre la categoría central “Análisis cualitativo del problema”**

Análisis Cualitat. del Problema	Reflexiones directas (valoración actuaciones)	Aspectos positivos	- Análisis y búsqueda de información previos: factores de la velocidad de reacción (ej. , superficie de contacto), reversibilidad como indicador del tipo de cambio.	<u>2</u> // a4 y a5
			- Utilización de modelos microscópicos (ej. , modelo de Dalton), para interpretar información macroscópica (solubilidad, temperatura de fusión).	<u>2</u> // a1 y a4
			- Consideración del concepto de reactivo limitante, e inclusión en la estrategia.	<u>1</u> // a2
			- Conocimiento de los conceptos necesarios, aunque a veces costara que emergieran.	<u>1</u> // a1
		Aspectos neutros	- Relación de propiedades macroscópicas (ej. , transparencia) con el nivel corpuscular (posibilidad de disolución).	<u>1</u> // a2
			- Representación gestual de una forma posible de reacción.	<u>2</u> // a2 y a3
		Aspectos negativos	- Confusión en ciertos conceptos considerados básicos (ej. , a qué se debe el color; intercambio entre transparente y blanco).	<u>2</u> // a2
			- Problemas en la operativización del problema: reformulación del enunciado y "puesta en contacto de 2 sustancias".	<u>2</u> // a4
		Dudas	- Sobre si el enfrentamiento de las sustancias en líquido, además de en sólido, fue para aumentar la superficie de contacto y facilitar la reacción.	<u>1</u> // a1
				(a) Solubilidad
- Para que una sustancia sea soluble, lo que importa es que no se noten partículas en suspensión.	<u>1</u> // a1			
- Una muestra está totalmente disuelta si es transparente / deja pasar la luz / se puede ver el fondo.	<u>3</u> // a6			
(b) Color y transparencia	- Color y transparencia son aspectos distintos e independientes. Por ej. , una cosa puede tener color y ser transparente. Por ej. , los diamantes son blancos y transparentes.			<u>6</u> // a1, a2 y a6(4)
	- Cuando la luz pasa a través de un objeto, de cualquier color, éste es transparente; se ve a través de él. Por ej. , un cristal.			<u>6</u> // a1, a2 y a6(4)
	- Un objeto puede tener color (propiedad) o no tenerlo (sería incoloro y se podría ver a través de él). - Si algo deja pasar toda la luz, da luz blanca.			<u>3</u> // a1 y a6 <u>1</u> // a6



<b>Reflexiones indirectas</b>	Tipo 2	(c) <i>Compuestos iónicos</i> : fusión y disolución	Fusión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se aplica energía a la red y se rompen las fuerzas electrostáticas, separando las cargas. Por eso son conductores en estado fundido (cargas en movimiento). Es similar a cuando se disuelven. Puede que la separación de las cargas sea parcial, por ser un cambio físico.</li> <li>- Al fundirse no se separan las cargas; éstas no fluirían.</li> </ul>	<u>6</u> // a1  <u>3</u> // a2(2) y a6	
				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Al echar agua a una sustancia iónica, se rompen las fuerzas electrostáticas de los iones.</li> <li>- El agua se representa como un dipolo, con los hidrógenos.</li> </ul>	<u>1</u> // a6  <u>1</u> // a6	
			Cambio físico y cambio químico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Duda acerca de qué propiedades tienen que cambiar para considerar un cambio como químico.</li> <li>- Calentando una sustancia, varían la temperatura, la presión... Este proceso podría revertir el cambio.</li> </ul>	<u>1</u> // a2  <u>1</u> // a6	
			Tipo 4		<ul style="list-style-type: none"> <li>- La idea de los titulados en química era que la reacción sólido-sólido solo se daba a muy altas presiones y temperaturas. Lo ocurrido ha sorprendido.</li> <li>- La búsqueda de información previa ayuda; si no, puede que uno no se plantee muchas posibilidades de resolución.</li> <li>- Las explicaciones en el Grupo de Discusión de 'transparencia' como 'paso de luz', han clarificado la diferencia entre incoloro y transparente; <i>utilidad del Grupo</i>.</li> </ul>	<u>1</u> // a1  <u>1</u> // a5  <u>1</u> // a2

**Simbología:**



Aspectos paralelos (elecciones simultáneas)



Alternativas diferentes (desacuerdos sobre un concepto)

**Nº** // aX(nº), aY      número de unidades de información (UI) agrupadas // estudiantes que aportan las UI (y nº de UI\*)

(a), (b) y (c)      Conceptos que dan lugar a debates (explicado en el texto)

\*Si hay más de 1 UI