

# EL APRENDIZAJE DE COMPETENCIAS EN QUÍMICA A TRAVÉS DE LA RESOLUCIÓN DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS ABIERTAS

M<sup>a</sup> Mercedes Martínez Aznar  
*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales*  
*Universidad Complutense -Facultad de Educación*  
mtzaznar@ucm.es

Ana I. Bárcena Martín  
*IES Isaac Peral de Torrejón de Ardoz, Madrid.*

**RESUMEN:** Este trabajo forma parte de una investigación más amplia y su objetivo es comprobar el cambio competencial producido en los alumnos cuando resuelven situaciones problemáticas abiertas mediante una Metodología de Resolución de Problemas como Investigación, MRPI. Este estudio se plantea dentro de la disciplina de Química y con alumnos de primer curso de Bachillerato de Ciencias. Las situaciones problemáticas abiertas forman parte de una Unidad Didáctica y permiten abordar los contenidos curriculares sobre reacciones químicas y medioambiente, dentro de un enfoque CTSA a partir de la energía de la Biomasa. Los resultados indican una mejoría estadísticamente significativa en las competencias desarrolladas por los alumnos mediante la MRPI.

**PALABRAS CLAVE:** Resolución de problemas, competencia científica, química, bachillerato.

## OBJETIVO

Para la asignatura de Física y Química de 1º de Bachillerato de Ciencias se diseña la Unidad Didáctica “Reacciones Químicas y Biomasa” basada en la resolución de situaciones problemáticas mediante la MRPI. En este contexto, en el presente estudio, se pretende contrastar la siguiente hipótesis:

*Los estudiantes evolucionarán de forma estadísticamente significativa en el aprendizaje de la MRPI, lo que les permitirá alcanzar niveles de resolución más complejos en cada una de las variables metodológicas y de verbalización (dimensiones competenciales), en la resolución de problemas abiertos.*

## MARCO TEÓRICO

A nivel nacional e internacional la investigación en la resolución de problemas abiertos cuenta con una larga tradición (Taconis, Ferguson-Hessler y Broekkamp, 2001; APU, 1987; Gil y Martínez Torregrosa, 1983). En esta línea, nuestras aportaciones con la Metodología de Resolución de Problemas como Investigación viene demostrando desde hace más de veinte años su eficacia para el aprendizaje

de contenidos sobre procedimientos y de diversos campos como la física, la química o la biología y con muestras de naturaleza muy diversa como son alumnos de primaria, secundaria obligatoria, bachillerato, e incluso en el ámbito de la formación inicial del profesorado (Martínez y Varela, 2009, Ibáñez y Martínez, 2007, Martínez, 2006, Ibáñez y Martínez 2005, Martínez e Ibáñez 2005, Martínez y otros, 2005, Martínez y otros, 2001, Varela y Martínez, 1998; Martínez y Ovejero, 1997, Martínez y Varela, 1996).

La MRPI es una metodología de tipo indagativo (Inquiry-Based-Science-Education), es decir, está centrada en la actividad de los estudiantes que se enfrentan a un reto para el que no disponen de los conocimientos requeridos y que deberán construirlos durante el proceso de resolución, contando con la orientación y guía del profesorado. Es una alternativa a la metodología tradicional tanto para problemas experimentales como de lápiz y papel que consta de cinco fases según se aprecia en la figura 1.

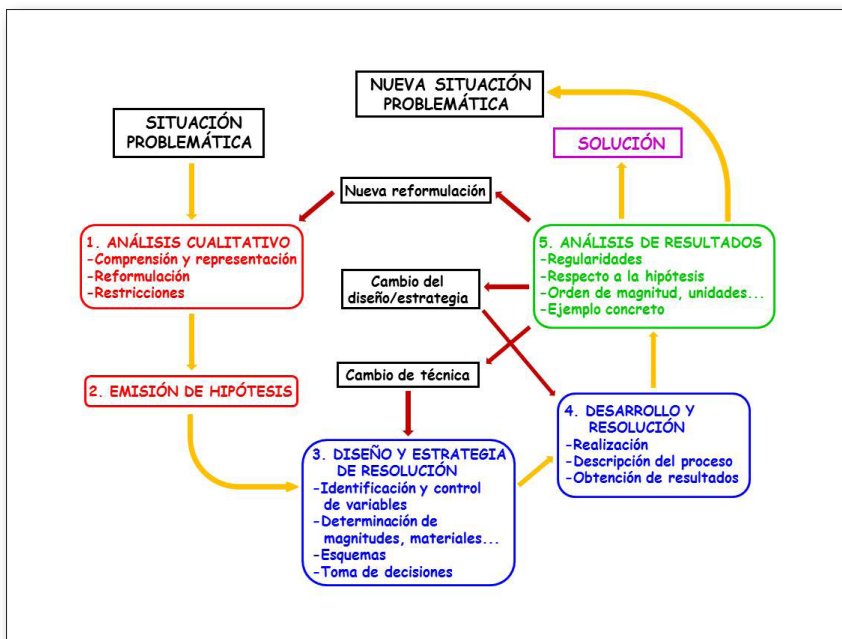


Fig. 1. Pasos a seguir en la resolución de situaciones problemáticas abiertas.

Desde el punto de vista curricular resulta de gran relevancia pues permite el desarrollo de la competencia científica por parte de los estudiantes a través de sus cinco variables metodológicas. Aunque en el currículo del bachillerato del estado español (RD 1467/2007) no se incluyen expresamente las competencias sí se mencionan al hablar de la finalidad “proporcionar a los estudiantes formación, [...], conocimientos y habilidades que les permitan desarrollar funciones sociales e incorporarse a la vida activa con responsabilidad y competencia. Asimismo, capacitará a los alumnos para acceder a la educación superior”; al presentar los contenidos comunes para las diferentes materias de física y química “Utilización de estrategias básicas de la actividad científica tales como el planteamiento de problemas y la toma de decisiones [...]; la formulación de hipótesis, la elaboración de estrategias de resolución y de diseño de experimentales y análisis de los resultados y de su fiabilidad”; y al hacer referencia a los criterios de evaluación “Analizar situaciones y obtener información sobre fenómenos físicos y químicos utilizando estrategias básicas del trabajo científico”.

## METODOLOGÍA

El diseño de la investigación es de tipo cuasiexperimental. Además, en el presente estudio se asume el método de investigación-acción, al estar llevado a cabo por una profesora en ejercicio sobre su propia práctica y por estar orientado a la transformación de la realidad educativa desde la propia realidad. Por otra parte, se puede calificar de investigación-acción cooperativa al participar la institución universitaria con la intención de vincular la investigación con la innovación educativa.

La muestra, de tipo incidental, está constituida por 30 estudiantes (21 de la modalidad de Bachillerato Tecnológico y 9 de Ciencias de la Naturaleza y la Salud) de la localidad madrileña de Rivas Vaciamadrid con un nivel socioeconómico y cultural medio. Cinco son mujeres y 25 hombres, de edad media 16,3 años.

PROBLEMA	ENUNCIADOS DE PROBLEMAS ABIERTOS
P1	El proceso de formación del agua ¿qué cantidad de energía requiere?
P2	Si una determinada planta la riegas y la introduces en un recipiente transparente y hermético que contiene una determinada cantidad de dióxido de carbono. ¿Cuánta glucosa es capaz de elaborar la planta si la situamos al sol?
P3	¿Qué aporte de energía solar necesitan las plantas verdes para formar alimentos?
P4	¿Se conserva la masa al quemar papel?
P5	¿Cuánto aceite combustible obtengo del maíz?
P6	¿Cuánto aire necesitas para quemar etanol?
P7	Con los restos de serrín de una industria maderera se obtiene, mediante un proceso de gasificación, un gas que contiene una cantidad determinada de monóxido de carbono y de hidrógeno ¿Cuánto metanol puedo obtener de ese gas?
P8	¿Qué residuo me interesa más usar como combustible?
P9	Al descomponerse la materia orgánica de las basuras se obtiene un biogás que contiene metano. Este es utilizado para obtener energía mediante combustión ¿Cuánta energía se puede recuperar de la basura que generas cada día?
P10	La mayoría de los coches de Brasil funcionan con etanol sin tener que modificar el motor del vehículo ¿Cuál es la contribución al efecto invernadero debido a la combustión de un depósito completo de uno de estos coches?

Fig. 2. Enunciados de las situaciones problemáticas abiertas incluidas en la Unidad didáctica “Reacciones químicas y Biomasa”.

Para el desarrollo de la investigación general, y de esta en particular, se diseña la Unidad Didáctica “Reacciones Químicas y Biomasa” que se estructura a partir de los problemas abiertos que se presentan en la figura 2 y constituye un manual de guía y de consulta para el alumno que, además, puede ser ampliado si es necesario en algún momento. En la figura 3 se presenta la relación de los contenidos de reacciones químicas abordados en cada problema.

El trabajo en el aula se realiza con grupos cooperativos de cinco o seis alumnos. Cada problema se resuelve primero en casa de forma individual y, luego, en clase se hace la resolución consensuada en grupo que se expone en la puesta en común al final del proceso. Todas las producciones de los estudiantes se analizan con fines investigativos.

La evaluación de cada uno de los problemas se realiza para todas las variables metodológicas (VM), definidas en el modelo y la de verbalización (VV) definida según el nivel de explicitación y elaboración de cada una de las variables metodológicas. La valoración de cada una de ellas se define en cuatro niveles, desde el nivel 0 de no realización, hasta el nivel 3 de máxima corrección.

Para contrastar la hipótesis de partida se utiliza la técnica ANOVA. El test de la F determina la existencia de diferencias significativas entre los valores medios por niveles obtenidos en cada una de las variables. La hipótesis nula del estadístico es la ausencia de diferencias significativas entre los valores obtenidos por las variables a lo largo de la realización de los diferentes problemas, frente a la hipótesis alternativa de que sí las hay.

PROBLEMAS ABIERTOS	CONTENIDO PRINCIPAL QUE DESARROLLA
P4, P5	PROCESO FÍSICO Y QUÍMICO
P4	CONSERVACIÓN DE LA MASA
P1, P4, P6, P7, P9, P10	REPRESENTACIONES MACROSCÓPICAS Y MICROSCÓPICAS
P2, P3, P6, P7, P9, P10	RELACIONES ESTEQUIOMÉTRICAS. REACTIVO LIMITANTE
P4, P6, P8, P9, P10	COMBUSTIÓN
P1, P3, P9	ENERGÍA DE ENLACE. BALANCE ENERGÉTICO
P1, P3, P9, P10	ENERGÍA ,CONSERVACIÓN Y DEGRADACIÓN DE LA ENERGÍA

Fig. 3. Correlación entre las situaciones problemáticas abiertas planteadas y los contenidos conceptuales principales que abordan.

## RESULTADOS

En la tabla 1 se recogen los resultados obtenidos. Como se observa, se rechaza la hipótesis nula para todos los valores y para todos los factores observados. Se confirma la hipótesis alternativa de que existen diferencias significativas entre los valores medios, por niveles alcanzados por los estudiantes de la muestra investigada, para el conjunto de todas las situaciones problemáticas, para cada variable metodológica y para la variable de verbalización. En la figura 4 se indica la evolución de estas variables de forma gráfica.

Tabla 1.

Resultados obtenidos en el Test de la F. Los valores en negrita apoyan la hipótesis alternativa de diferencias significativas dentro de cada uno de los factores (\*\*\*) $p < 0,001$ .

DIFERENCIAS ENTRE LOS VALORES MEDIOS POR NIVELES						
PROBLEMA	VM1 análisis cualitativo del problema	VM2 emisión de hipótesis	VM3 estrategia de resolución	VM4 resolución	VM5 análisis de resultados	VV verbalización
44,00***	17,80***	11,64***	8,45***	13,90***	7,93***	31,10***

En general, todas las variables evolucionan de forma progresiva, salvo pequeños saltos debidos al cambio en el tipo y contenido de la situación problemática. Al final del proceso todas las variables alcanzan niveles de resolución, de competencia, muy altos y estadísticamente significativos respecto al momento inicial.

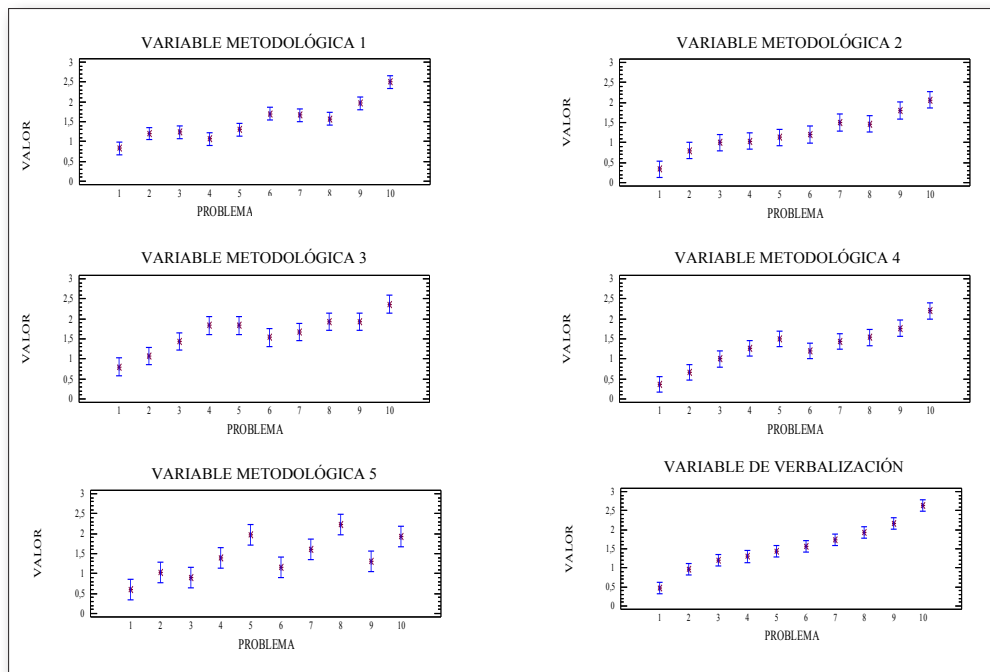


Fig. 4. Evolución de los valores medios por niveles obtenidos en las distintas variables metodológicas y de verbalización para cada problema.

La variable mejor puntuada tanto en el momento inicial como en el final es la VM1, análisis cualitativo del problema, lo que podría indicar su menor dificultad para los alumnos.

La emisión de hipótesis, VM2, plantea a los alumnos grandes dificultades. Esta variable junto con la resolución del problema, VM4, son las que peores resultados obtienen en valores medios tanto iniciales como al largo del proceso y quizá por ello son en las que se observa mayor progresión.

La VM5 es la que menos evoluciona al tener un valor algo inferior en los dos últimos problemas respecto a las demás variables.

## CONCLUSIONES

Los alumnos del presente estudio que han trabajado con la Unidad Didáctica “Reacciones Químicas y Biomasa”, centrada en la resolución de problemas abiertos, han evolucionado de forma estadísticamente significativa en el aprendizaje de la MRPI, lo que les ha permitido alcanzar niveles de resolución más complejos en cada una de las variables metodológicas y de verbalización en la resolución de problemas abiertos”.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Gil, D. y Martínez Torregrosa, J. (1983). A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4), pp. 447-455.

- 
- Ibáñez, M. T. y Martínez Aznar, M. M. (2005). Solving problems in genetics (II): Conceptual restructuring. *International Journal of Science Education*, 27(12), pp. 1495-1519.
- Ibáñez, M. T. y Martínez Aznar, M. M. (2007). Solving problems in genetics (III): Change in the view of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(6), pp. 747-769.
- Martínez-Aznar, M. M. (2006). La energía, una «idea» que nos envuelve y que podemos investigar resolviendo situaciones problemáticas, en García, C. (dir.). *Descubrir, investigar, experimentar: iniciación a las ciencias*. Aulas de Verano. Instituto Superior de Formación del Profesorado. Madrid: MEC.
- Martínez Aznar, M. M. y Varela Nieto, M. P. (1996). De la resolución de problemas al cambio conceptual. *Investigación en la Escuela*, 28, pp. 59-68.
- Martínez Aznar, M. M. y Ovejero Morcillo, P. (1997). Resolver el problema abierto: Teñir lanas con productos colorantes naturales. Una actividad investigativa para la enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), pp. 401-422.
- Martínez Aznar, M. M., e Ibáñez, M. T. (2005). Solving problems in genetics. *International Journal of Science Education*, 27(1), pp. 101-121.
- Martínez Aznar, 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), pp. 343-360
- Martínez Aznar, M. M., Bárcena, A. I., Ibáñez, M. T., y Varela, M. P. (2001). *Herencia, Biomasa y Energía. Tres campos para investigar resolviendo problemas*. VI Congreso Internacional sobre investigaciones en la Didáctica de las Ciencias. Barcelona (España).
- Martínez Aznar, M. M., Varela, M. P., Ibáñez, M. T. y Rosa, D. (2005). *La resolución de problemas en la formación del profesorado. Un punto de partida para «la solución» del problema de cómo enseñar*. Simposio: *Generar y resolver situaciones problemáticas: del aula al entorno*. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Granada (Spain).
- REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. BOE, núm. 266, del Martes 6 de noviembre de 2007. En <http://www.boe.es/boe/dias/2007/11/06/pdfs/A45381-45477.pdf>
- 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), pp. 442-468.
- Varela Nieto, M. P. y Martínez Aznar, M. M. (1998). 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), pp. 173-188.