

 INFORMES DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYOS INÉDITOS



La modelización de experimentos como estrategia didáctica para el desarrollo de la capacidad para resolver problemas

José Joaquín García García*, Edilma Rentería Rodríguez**

Universidad de Antioquia

Resumen

Este artículo muestra los resultados de un estudio en el cual se prueba la efectividad de una estrategia didáctica basada en la resolución de problemas prácticos contextualizados, orientada por procesos de modelización experimental, en el mejoramiento de la capacidad general de resolución de problemas de los estudiantes. Para ello se propone una investigación cuasi-experimental con dos grupos cautivos control y experimental y la aplicación de un post-test sobre la capacidad para resolver problemas. Los resultados del estudio muestran que la estrategia didáctica utilizada tiene una influencia significativa en la capacidad de los estudiantes de undécimo grado, (primero bachillerato) para resolver problemas.

Palabras clave: Modelización, trabajos prácticos, resolución de problemas, STSE.

* *Docente titular Facultad de Educación. Universidad de Antioquia. Doctor por la Universidad de Granada. Correo electrónico: yocolombiano@yahoo.com.mx*

** *Docente catedrática Facultad de Educación. Universidad de Antioquia. Magíster en Educación por la Universidad de Antioquia. Correo electrónico: renteriaedilma@hotmail.com*

Summary

The modeling of experiments as a teaching strategy for developing problem solving skills. José Joaquín García García, Edilma Rentería Rodríguez. This article presents the results of a study that where the effectiveness of a teaching strategy based on solving practical problems in context is tested. Such strategy is guided by processes of experimental modeling while improving the overall capacity of solving problems of students. For this reason, it proposes a quasi-experimental research with two sample groups, the control and experimental group; and the implementation of a post-test on the ability to solve problems. The results of the study show that the teaching strategy used has a significant influence on the ability of eleventh students to solve problems.

Keywords: *Modeling, practical works, problem solving, STSE.*

Introducción

Gilbert (1980) señala que en el aula de ciencias la resolución tradicional de problemas se limita a tres patrones metodológicos: el primero, consiste en la lectura, discusión, recitación y memorización de métodos de resolución. El segundo, hace uso de la asignación de un número considerable de ejercicios para resolver en casa usando patrones de resolución memorizados, y de la presión para resolver los problemas en tiempos cortos. El tercero, propone la exposición de situaciones problemáticas en experiencias de laboratorio para desarrollar patrones de pensamiento científico y de prueba de hipótesis.

Por otra parte, García (2003) argumenta que los problemas utilizados tradicionalmente en clase de ciencias son artificiales, cerrados, e irreales, y que solo ofrecen los datos para operar como punto de partida de la resolución (pocas veces adecuados). Esto obliga al estudiante a caer en el operativismo, buscando ecuaciones que articulen los datos e incógnitas dadas por el enunciado. El mismo autor afirma que, de forma similar, los problemas incluidos en los libros de texto de ciencias son artificiales, presentan bajos niveles de dificultad, desestiman lo conceptual y procedimental y persiguen la mecanización de formalizaciones matemáticas estandarizadas. Esta última característica los hace en su mayoría cerrados, con patrones de estructuración similar y de solución única.

Cardulla (1987), muestra que el profesor enseña a resolver los problemas en la clase de ciencias como una rutina mecánica y abreviada sin dar explicaciones. Igualmente, García (2003) señala cómo los docentes desproblematizan los problemas explicándolos como algo que no genera dudas porque se sabe hacer y su solución es conocida. Además, este mismo autor argumenta que los docentes hacen énfasis en el contenido numérico del problema y no en una aproximación conceptual al mismo. Igualmente, se ha encontrado que los estudiantes al resolver problemas presentan las siguientes dificultades (García 2003):

- No los representan adecuadamente ni a sus posibles vías de resolución.
- Aplican mecánicamente y sin bases conceptuales algoritmos con secuencias lineales de ecuaciones.
- Usan patrones fijos para resolver problemas tipo.
- No retroalimentan sus procesos, preocupándose sólo por la respuesta.

Ante las características que presenta el proceso de resolución de problemas en la enseñanza tradicional, García (2003) aboga por un cambio profundo en las formas en las cuales se enseña a resolver problemas en el aula. Para ello, propone cambiar la resolución de problemas en el aula girando desde la resolución de ejercicios mecánicos hacia la conceptualización y el análisis cualitativo de las situaciones. Dicho cambio, podría además articular los procesos de resolución de problemas a los procesos de modelización, centrales en la producción de conocimientos científicos. El cambio propuesto posibilitaría el pasar de enseñar contenidos, a enseñar además de éstos, las formas de pensamiento propias de la ciencia, dándoles a los sujetos herramientas para construir nuevos conocimientos. Esta articulación es posible porque en la resolución de un problema el fenómeno que se estudia debe ser representado mediante un modelo científico (Islas y Pesa, 2001). Igualmente, según Harré (1967), los científicos al resolver problemas describen los sistemas, especificando su estructura, describiendo sus subsistemas, su disposición y sus conexiones; especificando sus propiedades con el menor número de predicados y, determinando como éstas cambian en el tiempo y en el espacio. Es decir, llevando a cabo un proceso de modelización, que incluye sustituir propiedades cualitativas por formas cuantitativas o vincularlas a otras cuantificables, siempre y cuando éstas varíen con las propiedades cualitativas estudiadas.

La ciencia puede ser definida como un proceso de construcción de modelos para resolver los problemas, siendo los modelos su producto central y la modelización su actividad principal (Bunge, 1985; Bachelard, 1991; Pesa, 2001). Esto es, porque los modelos proveen implicaciones y predicciones que pueden ser probadas para responder a las preguntas científicas. Por esto, los modelos son tecnologías útiles para llevar a cabo los proyectos de la sociedad (Fourez, 1994).

Resolver problemas y modelizar en ciencias

Por lo expuesto anteriormente, es que se puede afirmar que cuando los científicos tratan de describir, explicar o predecir el comportamiento de un sistema a través teorías y modelos, llevan a cabo actividades de modelización. De hecho, el planteamiento de los problemas como tales es un proceso de modelización. Esto es porque dicho planteamiento requiere de identificar los objetos del sistema, asignarles propiedades conceptuales, establecer relaciones relevantes entre las variables previamente establecidas, y hacer inferencias, predicciones e hipótesis sobre las mismas. Por otro lado, la construcción de diseños experimentales para probar empíricamente dichas inferencias, implica la construcción de modelos físicos expresados en montajes experimentales, lo que de nuevo es una tarea de modelización. Finalmente, la construcción de expresiones formales que puedan representar las relaciones encontradas entre los grupos de datos obtenidos como resultado del proceso de experimentación implica un proceso de modelización, pero esta vez de tipo matemático, con el fin de proponer posible leyes que expliquen el comportamiento de los fenómenos.

Igualmente, los científicos al modelizar deben moverse desde el enunciado verbal del problema (modelo semántico) hasta un conjunto complejo de relaciones entre variables más precisas (modelo científico simbólico). (Treagust, Chittlebrough y Tapelo, 2002). Es decir, los científicos deben utilizar una serie de representaciones útiles para la solución del problema (Fourez, 1994; Izquierdo, 1999; Galagovsky y Aduriz – Bravo, 2001). De esta forma, puede evidenciarse que la resolución de problemas implica la construcción de varios tipos de modelos que no son más que diferentes tipos de representaciones. Así, al tratar de expresar una situación física en palabras se requiere de la construcción de un modelo lingüístico. Igualmente, cuando se requiere probar las relaciones propuestas en este modelo lingüístico, dicho modelo debe traducirse en un modelo experimental, es decir, es necesario construir un modelo físico partiendo de la descripción semántica con el objetivo de probar hipótesis experimentales. Por último, dicho modelo experimental debe traducirse en la

construcción de un modelo formal que exprese simbólicamente los resultados experimentales y su análisis.

Así mismo, la modelización, es decir la construcción de los modelos, puede concebirse como un proceso analógico que inicia con el planteamiento de una situación problemática real (fenómeno complejo de la vida cotidiana o de carácter científico) que requiere de simplificación, estructuración, idealización y del acotamiento de sus condiciones de resolución. En dicho proceso analógico se desarrolla un camino particular de pensamiento y acción que culmina con la elaboración de una formalización (modelo matemático) (Rodney y Bassanezi, 1994). El razonamiento analógico se usa en varios procesos de la resolución de problemas. Así, en la etapa inicial de comprensión del problema se deben buscar experiencias análogas al problema para hacerlo más familiar y significativo. Igualmente, la búsqueda y determinación de las estructuras de relaciones presentadas por el problema requiere de construir analogías con estructuras de relaciones ya conocidas. Finalmente, en la formulación de hipótesis como posibles soluciones al problema pueden hacerse uso de soluciones ya obtenidas para un problema análogo al planteado (González, 1997).

Por otra parte, con respecto a la comprensión de los problemas y su relación con la realización de los procesos de modelización, Perales (2000) afirma que los aspectos que dificultan la comprensión un problema como son el tipo de enunciado, el lenguaje usado y la cantidad y calidad de su información, pueden ser subsanados usando los procesos de modelización. Así, este autor y otros (Sánchez y Jiménez, 1997) argumentan en primer lugar, que la modelización permite identificar las partes relevantes del problema en términos de estructura y relaciones, ya sean estas funcionales, de causa y efecto, de existencia o de coexistencia, o combinaciones de dichas relaciones, clarificando de esta forma los términos usados en el enunciado del problema, codificándolos y relacionándolos entre sí. En segundo lugar, los mismos autores afirman que la modelización permite representar más simplificada el problema reduciendo la cantidad de información a procesar y por la tanto su complejidad.

Muchos autores (Roth, 1996; Palmer, Pilles, Lehrer y Schauble, 1997; Sánchez, García, Sánchez y Pérez, 1999; Rodríguez y Fernández, 1999; Justi y Gilbert, 2002; Crawford y Cullin, 2004) proponen que la modelización es un proceso de resolución de problemas. Esto lo hacen desde dos enfoques: uno de aplicación y otro de ejemplarización. En el enfoque de aplicación se enfrenta una descripción lingüística de una situación problema y se crea un modelo algebraico a través de la manipulación de símbolos. Desde un enfoque de ejemplarización los estudiantes se ven involucrados en situaciones problema abiertas, sin reglas ni tiempos absolutos. Dichas situaciones se suponen de interés, pertinentes y contextualizadas; es decir, conectadas con conocimientos específicos y con situaciones reales de carácter científico y vivencial. Igualmente, estas situaciones pueden tener una o varias soluciones y a partir de ellas pueden crearse modelos; matematizándolas para simplificar, idealizar y operar condiciones, además de establecer subprocesos o pasos intermedios. Estos mismos autores, proponen las siguientes fases y pasos intermedios para introducir la modelización en las aulas:

Fase 1: Construcción inicial del modelo:

- Determinar el propósito del modelo.
- Identificar las constantes, los valores y las variables más importantes para simplificar el modelo, (distinguir las controlables de las que no), definiéndolas verbalmente y representándolas simbólicamente.
- Establecer verbalmente las posibles relaciones entre las variables.
- Predecir e hipotetizar el comportamiento de las variables extrañas.

- Construir el modelo y su representación combinando las relaciones en un sistema simbólico. Es decir, matematizar los datos, conceptos, relaciones, condiciones y suposiciones del problema a modelar.

Fase 2: Discusión, debate y evaluación del modelo construido:

- Revisión continuada del modelo.
- Descripción verbal inicial del modelo incluyendo sus características.
- Presentación oral y explicación del modelo por grupos usando las TIC, exponiendo su funcionalidad (adecuación al fenómeno) y justificaciones.
- Comparación crítica de los diferentes modelos.
- Ejecución de manipulaciones simbólicas con el modelo.
- Evaluación grupal del modelo seleccionado: propósitos, fallas y aciertos.
- Revisión y evaluación del modelo, sus limitaciones y condiciones, elementos que mejor los representen, relaciones funcionales y mecanismos.

Fase 3: validación del modelo construido:

- Deducir soluciones teóricas a partir del modelo seleccionado.
- Probar la viabilidad del modelo, comprobándolo con datos empíricos. observando los factores y las relaciones construidas entre ellos.
- Diseñar experimentos o simulaciones para resolver problemas usando el modelo.
- Anotar los comportamientos emergentes surgidos al aplicarlo.
- Elaborar las conclusiones pertinentes.
- Revisar y evaluar el modelo basándose en la interpretación de los resultados de las pruebas.

Fase 4: Retroalimentación, sobre el proceso de modelización:

- Planteamiento de preguntas no resueltas o surgidas luego de la resolución.
- Aplicación teórica de los métodos y de los resultados matemáticos obtenidos usando el modelo a otros problemas y situaciones.
- Evaluación de las metodologías seguidas para construir el modelo.
- Prueba empírica del modelo en la resolución de nuevos problemas.

Este proceso de modelización articula ciclos de construcción y revisión, ventajas y desventajas sobre diferentes modelos del mismo fenómeno.

Una estrategia didáctica: resolver problemas con modelos experimentales

En esta investigación se diseñó y probó una estrategia didáctica que plantea el uso de los procedimientos de modelización experimental en la resolución de problemas prácticos, abiertos y contextualizados con las siguientes características:

- Apertura: se les limita al resolverlos, posibilitando así el uso de metodologías investigativas, al ofrecer oportunidades para analizarlos cualitativamente, formular hipótesis sobre ellos, diseñar experimentos para probarlas y evaluar tanto el proceso de resolución como la solución.
- Carácter práctico: exigen interactuar con los fenómenos que quieren explicarse, o sea un activo trabajo en el laboratorio.
- Contextualizados: los problemas están en conexión con la vida cotidiana de los estudiantes, refiriendo situaciones que involucran aspectos ambientales y tecnológicos de interés, y articulando el conocimiento escolar a los intereses de los estudiantes, al medio, a la comunidad, a la sociedad.

Los procedimientos de modelización son esenciales en la resolución de problemas, especialmente cuando se plantean hipótesis que implican relaciones y modelos teóricos, cuando se diseñan modelos físicos experimentales para probar empíricamente los modelos teóricos que usan básicamente términos y relaciones conceptuales y, al proponer modelos matemáticos que hacen uso principalmente de códigos formales para articular los datos empíricos y las hipótesis formuladas, de acuerdo a las relaciones entre variables. Para guiar a los estudiantes en la resolución de los problemas propuestos se les sugieren los siguientes pasos:

- Comprender el problema, de lo que se sabe y no, y de lo relevante.
- Estipular condiciones y parámetros impuestos a la solución del problema.
- Emitir hipótesis a partir de teorías, como soluciones al problema.
- Diseñar un plan de resolución elaborando un modelo experimental, así:
 - Establecer la información a ofrecer por el modelo experimental.
 - Identificar las variables relevantes y extrañas a incluir en el modelo.
 - Asignar unidades a las variables y formas de representar sus relaciones.
 - Construir el montaje del modelo experimental.
- Correr el experimento usando el montaje experimental.
- construcción de un modelo simbólico (matemático o verbal) sobre las relaciones encontradas entre los datos de las variables, así:
 - Proponer un objetivo para el modelo simbólico.
 - Graficar las relaciones empíricas halladas entre los datos de las variables.
 - Re-expresar verbalmente las relaciones halladas entre las variables.
 - Construir una formalización matemática para expresar dicha relación.
 - Ofrecer una solución adecuada al problema planteado.
 - Analizar si corresponde la solución con la hipótesis inicialmente planteada.

Aunque todos estos pasos son importantes, algunos pueden obviarse. Por ejemplo, al partir de datos experimentales ya obtenidos, los estudiantes iniciarían a la mitad del heurístico, es decir, con la construcción de un modelo matemático.

Metodología

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo cuasi experimental con un grupo experimental, un grupo control y una posprueba aplicada a ambos grupos.

Muestra

En esta investigación participaron 58 estudiantes de undécimo grado de la Institución Educativa San Luis Gonzaga, ubicada en el municipio de Copacabana, (zona metropolitana de Medellín) en el Departamento de Antioquia, Colombia; distribuidos en dos grupos con el mismo número de estudiantes, de los cuales uno fue seleccionado como grupo experimental y el otro como grupo control. En ambos grupos más del 60 % sus integrantes eran mujeres, con una edad promedio de 17 años y pertenecientes a los sectores populares.

El estudio

En el grupo experimental se aplicó la estrategia didáctica basada en la resolución de problemas prácticos, abiertos y contextualizados, usando la modelización experimenta para la enseñanza de los conceptos básicos de la termodinámica (para ver una ejemplo de dicha aplicación, observe el anexo 1). En el grupo control, se usó una estrategia convencional de carácter expositivo para enseñar los mismos conceptos. El estudio se llevó a cabo durante siete semanas, realizando tres sesiones por semana de una hora de duración. La última sesión se usó para aplicar un test con el

fin de recolectar información acerca de la capacidad de los estudiantes para resolver problemas en ciencias experimentales. Este test, estaba conformado por 27 reactivos con formato de selección múltiple. El índice de discriminación promedio del test es 0,43, (sus reactivos diferencian en un 43 % entre aquellos que han desarrollado la capacidad de resolver problemas de los que aún no lo han hecho). El índice de dificultad promedio de la prueba es de 0,51 (el 51% de los estudiantes en promedio respondió de manera correcta a la totalidad del test). El test se basa en la propuesta de García (2003), quien formula que la resolución de problemas implica el uso de habilidades de observación, cuestionamiento, síntesis, análisis, lectura, transferencia, generalización, metacognición y evaluación. El test fue sometido inicialmente a una prueba informal con siete estudiantes de undécimo grado para hacerle ajustes. Finalmente, fue aplicado a 286 estudiantes de undécimo grado de las Instituciones Educativas: La Paz, de Envigado, y la Normal Superior de Medellín. La confiabilidad del test es moderada con un alfa de Cronbach de 0,66.

La hipótesis propuesta en esta investigación fue la siguiente: “Una estrategia didáctica basada en un modelo didáctico por resolución de problemas prácticos contextualizados como pequeñas investigaciones, usando la modelización, influye positivamente en la capacidad para resolver problemas de los estudiantes de undécimo grado”.

Variables a estudiar

Variable manipulada

➤ *Estrategia didáctica:*

Esta variable tiene dos valores: el primero, la estrategia didáctica tradicional, el segundo, la estrategia alternativa usando la resolución de problemas y la modelización.

Variable observada

➤ *Variable capacidad para resolver problemas.*

Esta variable está constituida por los 9 factores propuestos por García (2003) ya mencionados en este texto, factores que representan cada uno a una de las habilidades generales que componen la capacidad superior de la resolución de problemas. A su vez, cada uno de estos factores es operacionalizado por un grupo de indicadores (véase la tabla 1).

Tabla 1. Factores con indicadores de la variable capacidad para resolver problemas.

Factor	Indicadores
Observación	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer diferencias entre diversas situaciones (ED). • Establecer relaciones entre los datos que ofrece el problema (RD). • Determinar las condiciones finales del problema (CF) • Identificación del estado final del problema (EI)
Análisis	<ul style="list-style-type: none"> • Asignación de significados a los términos del problema (ST). • Separación de la información relevante de la irrelevante (IR). • Selección de la palabra clave del problema (PC)
Cuestionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de inconsistencia en una situación (C) • Representación formal (RF) • Elaboración de esquemas y gráficos del problema (EE) • Acotación del problema (AP)

Síntesis	<ul style="list-style-type: none"> • División del problema en subproblemas (SP) • Determinar la pregunta central (PC) • Selección de la hipótesis más adecuada (SH)
Generalización	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de conclusiones a partir de un grupo de datos (EC) • Deducir la constante a partir de un grupo de datos (DC).
Transferencia	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar situaciones en las que se aplique la solución obtenida (SA) • Seleccionar situaciones en las que el principio científico es aplicable (PC)
Metacognición	<ul style="list-style-type: none"> • Reorganización de la ruta de solución (RR). • Completar la mejor ruta de solución (CR). • Cómo buscar datos necesarios para la solución del problema (DN). • Detectar los errores en un plan de solución (EP)
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar la mejor solución del problema de un grupo de opciones (MS) • Detectar qué otros interrogantes, además de los planteados, se pueden descubrir y aportar a la solución del problema (OI).
Comprensión de lectura	<ul style="list-style-type: none"> • Poner en relación los conceptos del texto con otros de distinto campo (RC) • Seleccionar una organización esquemática formal de los elementos del texto (OF) • Usar el contexto para atribuir significado a una palabra desconocida (AS)

Análisis de resultados

Los resultados globales del estudio muestran que el valor de la media obtenida por el grupo experimental en la capacidad de resolución de problemas (17.2222) es mayor que la obtenida por el grupo control (11.5556).

Tabla 2. Cálculo de la t de student para la variable modelización.

Parámetros	Media	N	Desviación Típica	Error típico. de la media			
Grupo Experimental	17.2222	27	3.15416	.60702			
Grupo Control	11.5556	27	3.46780	.66738			
G Experimental – G Control	Diferencias relacionadas			t	t	gl	p: Sig. (bilate)
	Diferencia de Medias	Desviación típica.	Error típico de la media	7.869	2.056	26	.000
	5.66667	3.74166	.72008				
				4.18652	7.14682		

Igualmente, los análisis muestran que la diferencia encontrada entre los valores de la media de los dos grupos con respecto a la capacidad de resolver problemas es estadísticamente significativa, pues

los cálculos indican que la t experimental encontrada de 7.869 (significativa $p = ,000$), es mucho mayor que la t crítica estándar, (2.056). Es decir, es posible concluir que queda probada la hipótesis que afirma que la estrategia didáctica diseñada de resolución de problemas prácticos usando la modelización experimental influye positivamente en la capacidad de los estudiantes para resolver problemas. Por otra parte, aunque el espacio de este artículo no lo permite, es conveniente decir que las habilidades generales como las de análisis, metacognición, transferencia y de evaluación, además de las de comprensión lectora, presentaron un mayor desarrollo en el grupo experimental (García y Rentería, 2011 a,b,c,d en edición).

A modo de conclusión

El éxito de la estrategia en el desarrollo de la capacidad de resolución de problemas, puede deberse a que ésta supera las dificultades de la resolución de problemas tradicional, al reemplazar la recitación y memorización de métodos de resolución, por el análisis cualitativo y sistemático, a las experiencias de laboratorio demostrativas por el diseño de modelos experimentales, y a los problemas artificiales, cerrados y centrados en lo matemático, por problemas reales, abiertos, pertinentes y fundamentados en aspectos cualitativos, conceptuales y procedimentales que se presentan como verdaderos retos para los estudiantes. Por otra parte, estos resultados deben generar inquietudes en las comunidades educativas y provocar cambios en los currículos propuestos en el campo de la enseñanza de las ciencias y en las prácticas llevadas a cabo por los profesores y por los estudiantes en las aulas de clase. Así mismo, este trabajo puede servir como punto de partida para nuevas investigaciones sobre temas como la relación entre la modelización y la simulación, usando las computadoras para el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias, o las interacciones entre los procesos de modelización y de representación y sus aplicaciones en las aulas de clase de ciencias.

Referencias Bibliográficas

- Adúriz- Bravo A. e Izquierdo M. (2008). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*. Nro. Especial
- Bachelard, G. (1991). *Critic of Science and the Imagination*. Ed. Routledge Taylor & Francis Group. Reino Unido.
- Bhushan, N. and Rosenfeld, S. Metaphorical Models in Science. *Journal of Chemical Education* 72: 578–582, 1995.
- Bobert, J. Buckley, B. (2000). Intruduction to model-based teaching and learning in science education *International Journal of Science Education*, 22 (9) 894- 894
- Bunge, M (1985). El realismo científico. *Arbor: Ciencia, pensamiento y cultura*, ISSN 0210-1963, pags. 13-40
- Braithwaite, R. (1962). “Models in the Empirical Sciences”, in E. Nagel, P. Suppes, and A. Tarski (eds.), *Logic, Methodology, and Philosophy of Science*. Stanford University Press: 224-231
- Cardulla, F. (1987). Approach solving chemistry problem without utilizing the actor – label. *Journal of Chemical Education*, 64, (6), 519 – 520.
- Castro, E. A. (1992). El empleo de modelos en la enseñanza de la química. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 10(1). P.73-79.
- Concari, S. (2001). Las teorías y los modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las Ciencias. *Revista Ciencia Educação*. Vol 7 (1). Pp. 85 – 94.
- Crawford, B.A., Cullin, M.J. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. *International Journal of Science Education (Int. j. sci. educ.)*. Cornell University, Ithaca, New York, ETATS-UNIS. Lock Haven University, Lock Haven, Pennsylvania, ETATS-UNIS. Vol. 26, No11, pp. 1379-1401.

- Downes, S. (1992). "The Importance of Models in Theorizing: A Deflationary Semantic View", *PSA* 1992 1: 142-153
- Estanya, J.L. (2001). Modelización del cambio químico: hacer, pensar y escribir. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, VI Congreso.
- Etkina, E. Warren, A.; Gentile, M, (2005). The role of models in physics instruction. *The physics teacher*. Vol 43.
- Felipe, A. E., y Gallarreta S. C., Merino, G. (2005). La modelización en la enseñanza de la biología del desarrollo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 4 No. 3.
- Fourez, G. (1994). El método científico: creación y rechazo de modelos. La construcción del conocimiento científico. Editorial Narcea S. A. de ediciones. Madrid - España.
- Galagovsky, L., Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales, el concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, (2), 231-242.
- García, J.J. (2003). *Didáctica de las Ciencias Resolución de Problemas y Desarrollo de la Creatividad*. Editorial: Magisterio. Bogotá, Colombia.
- García, J.J., Duque, G.L., Callejas, R.P., Gutiérrez, M.Y. (2000). Monografía de grado. Especialización en Educación en Ciencias. Departamento de Educación Avanzada. Facultad de Educación. Universidad de Antioquia. Medellín-Colombia.
- García, J.J. Rentería, E. (2011)a La resolución de problemas como estrategia didáctica para el desarrollo de habilidades metacognitivas. En edición.
- García, J.J. Rentería, E. (2011)b Resolver problemas y modelizar para desarrollar la capacidad de análisis. En edición.
- García, J.J. Rentería, E. (2011)c La resolución de problemas como estrategia didáctica para el desarrollo de las habilidades de transferencia y de evaluación. En edición.
- García, J.J. Rentería, E. (2011)c Resolver problemas para mejorar la comprensión lectora. En edición.
- Gilbert, G.L. (1980). How do get the answer? Problema solving in chemistry. *Journal of Chemicals education*. 57, (1), 79 - 81
- Gilbert, J.K., Boulter, C., Rutherford, M. (1998). Models in explanations Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20 (1), 83-97.
- Gilbert, J.K (1991). Model building and a definition of Science. *Journal of Researching Science Teaching*, 28 (1), 73-79.
- Gilbert, J.K (1993). *Models and Modelling in Science Education*. Hatfield, Herts: Association for Science Education.
- Gilbert, J.K (1995). The role of model and modelling in some narratives in Science Learning. Presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- González, A. (1997). Analogía y aprendizaje creativo. Programa PRYCREA. La Habana
- Gutiérrez, R. (2004). La modelización y los procesos de enseñanza/aprendizaje. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 42, 8 - 18.
- Halloun, I. (1996). Schematic Modeling for Meaningful Learning of Physics. En: *Journal of Research Learning of Physics*. Arizona. 9 (33), 1019-1041
- Harré, R. (1967). *Introducción a la lógica de las ciencias*. Editorial Labor. Barcelona
- Hesse, M. (1966). *Models and Analogies in Science*. University of Notre Dame Press. Indiana.
- Izquierdo et al. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, N° extra: 79-91
- Jiménez, J.D., Perales, F.J. (2002). Modélisation et répresentation graphique de concepts. *Buletin de l'union des physiciens*. Vol 96 – Février.
- Joshua (1986). La desintetización de los modelos físicos: una limitación y una posibilidad de elección., *S. Enseñanza de las Ciencias*., 4 (2), 145 – 152.
- Justi, R. and Gilbert, J. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24, 369–387.
- Justi, R. S. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais*. 12 (24), 1273-1292.

- Justi, R.S. (2000). Teaching with historical models. In J.K. Gilbert and C.J. Boulter (eds), *Developing Models in Science Education*. (Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers), 209-226.
- Justi, R.S., Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teacher's views on the nature of modelling, and implications for the education of modelers. *International Journal of Science Education*. Department of Chemistry Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil; School of Education, The University of Reading, Bulmershe Court, Reading RG6 1HY, UK. 4 (24), 369-387.
- Keeves, J.P. (1991) Models and model building of denitron of science. En: *Journal of Research in Science Teaching*.
- Khardon, R., Roth, D. (1996). Learning to reason. In *Proc. of the National Conference on Artificial Intelligence*, 1994. 682-687 <http://citeseer.ist.psu.edu/article/khardon96learning>.
- López, B., Silva, J. Costa, N.A. (1997). Modelizacaona aprendizagem de física na sala de aula: diagnostico de competencias e ajudas didáticas para o seu desenvolvimento em alunos do ensino secundario. *Enseñanza de las ciencias*. Número extra. V congreso.
- Martinand, J.L. (1986). Enseñanza y aprendizaje de la modelización. *Enseñanza de las ciencias*, 4 (1), 45 – 50.
- Mayer, R (1989). Models for understanding. *Review of Educational Research*. 59, 43-64.
- Morgan, M. y Morrison, M. (1999). Models as mediating instruments. En “Models as Mediators. Perspectives on Natural and Social Science”, pgs. 10–37. Morgan, M. y Morrison, M. (Editores). Cambridge University Press.
- Moro, L.; Zamorano, R. – Gibbs, H. – Viau, J. (2002). Un marco teórico y pedagógico para la utilización de modelos analógicos en la enseñanza de las ciencias naturales. IV congreso Nacional y II segundo Internacional de Investigación Educativa. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina.
- Musantes, S. (2006). Estrategias para la enseñanza de modelización a los estudiantes. *Revista BioScience*. Abril. Vol. 56. No.4
- Newell A, and Simon, H.A. (1972) *Human problem Solving*, Englewood Cliffs,
- Pesa, M.A. Islas, E.M; 2001. ¿Qué rol asignan los profesores de física de nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado? *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, VI Congreso.
- Puig, L (1993). Elementos del proceso de resolución de problemas. Conferencia: Quinto Simposio Internacional sobre Matemática Educativa. Mérida. Yucatán, México. 18 – 20 Nov.
- Raghavan, K., Glaser, R. (1995). Model-based analysis and reasoning in science: The MARS curriculum. *Science Education*, 79, 37-61.
- Reigeluth, CH (1983). *Instructional-design theories and models*. Hillsdale, Nj. Lawrence Erlbaum Associates.
- Rodney, C., Bassanezi. (1994). Modelling as a teaching-learning strategy for the learning of mathematics. 14, 2.
- Rodríguez, Mauro; Fernández, Juan. (1999). *Creatividad para resolver problemas, principios y técnicas*. Medellín
- Rubinstein, M., Fistenberg., Iris, R. (1996). Patterns of problem solving. De Prentice Hall, Englewood, Cliffs. New Jersey. P.152-155, 164.
- Sánchez, E.A., García, L. (1999). M. Introducción de las técnicas de modelización para el estudio de la física y de las matemáticas en los primeros cursos de las carreras técnicas. *Enseñanza de las ciencias*. Santafé de Bogotá, D.C.: Autor. 17 (1). 119 -129.
- Smit, J.J., Finegold, M. (1995). Models in physics: Perceptions held by final-year prospective physical science teachers studying at South African Universities. *International Journal of Science Education*, 19, 621-634.
- Smith, N.L., Murray, S. (1975). The status of research on models of products development and evaluations. En: *Educational Technology*, marzo, p.13
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, L. T. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24 (4), 357-368.

- Treagust, D.F., Chittlebrough, G., Tapelo, L.M. (2002). Student's understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal Science Education*, 4 (24), 357 – 368.
- Van Driel J. H., Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*. ICLON Graduate School of Education, Leiden University. 12 (24), 1255-1272.
- Van Driel, J. H., Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*. ICLON Graduate School of education, Leiden University, The Netherlands. 11(21), 1141-1153.
- Van Oers. (1988). Modellen en de ontwikkeling van het natuurwetenschappelijk denken van leerlingen [Models and the development of scientific thinking among students]. *Tijdschrift voor Didactiek der β - wetenschappen*, 6, 115-143.
- Zamorano, R., Gibbs H. y Viau J. (2006). Evaluación de un modelos didáctico analógico para el aprendizaje de energía interna y temperatura. *Revista Eureka enseñanza y divulgación de las ciencias*. Vol. 3(3) .pp 392- 408.



Artículo recibido: 24-08-2010 Aprobado: 10- 04-2011

GARCÍA García José Joaquín, RENTERÍA Rodríguez Edilma. La modelización de experimentos como estrategia didáctica para el desarrollo de la capacidad para resolver problemas.

Uni-pluri/versidad Vol.11 No.1, 2011. Universidad de Antioquia. Medellín. Col.

Versión Digital. <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/unip/issue/current>

Anexo 1

Resolución de un problema aplicando el modelo didáctico

¿De qué variables depende el descongelamiento de los glaciares? ¿Cómo afecta esto al hombre? El glacial Perito Moreno ubicado en Argentina, abastece de agua a gran parte de la población. Debido al cambio climático éste se está descongelando. Si este glacial estuviera compuesto por los picos A y B de diferente masa, ambos aislados térmicamente y recibiendo la misma cantidad de rayos solares ¿Qué pico se descongelaría más rápido? ¿Cómo sería la temperatura del pico A con relación al pico B durante el descongelamiento? ¿Cómo sería el cambio de energía interna del pico A con relación al pico B durante el descongelamiento? ¿El pico A tendría mayor cantidad de calor que el pico B? ¿Por qué? Tomando como referencia el glacial y el medio ambiente ¿en el proceso de descongelamiento en qué dirección fluye el calor? Diseña y realiza un experimento que permita extraer conclusiones sobre la variación de la temperatura y la energía interna de un cuerpo de acuerdo a su cantidad de masa, la cantidad de calor transferido y su temperatura inicial.

GUIA DE REGISTRO DEL PROCESO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMA
BASADA EN EL MODELO RRPDM

En la guía que se presenta a continuación debes registrar el proceso de resolución del problema.

1. Selecciona los aspectos conocidos y desconocidos que son relevantes para solucionar el problema. Identifica la pregunta central del problema. Expresa con sus propias palabras el problema planteado. Realiza un dibujo que te represente la situación.

A-B → Picos
-A-B diferentes masas
-A-B están separados
-A-B misma cantidad de rayos solares
Pregunta: ¿de qué depende el descongelamiento de los glaciares?



2. Enuncia las condiciones o parámetros bajo los cuales resolverás el problema.

- a) El glacial A tiene más cantidad de masa.
- b) El B es de menor masa.
- c) El medero cumple el papel del sol.
- d) El hielo representa los glaciares.
- e) El sol y el hielo van a tener la misma temperatura.

3. Formula hipótesis que te dirija en la solución del problema.

1. ¿Cuál se descongela más rápido?
B. Porque tiene menos cantidad de masa y es más pequeño.
2. Relación Temperatura? $T_A < T_B$ Porque B tiene menor masa.
B es más pequeña, o sea que tiene menos energía interna.
¿Cómo es el cambio de Energía Interna?
El son iguales, por

- f. Verifica si el modelo cumple con los objetivos planteados.

Si, porque la hipótesis fue que el más pequeño se derrite, y así fue.

5. Realiza el experimento y registra los datos.

En 6:40 el B T=17° y A=15°
11:45 → B T=11° y A=7°
16:00 → B T=10° y A=13°
21:00 → B T=26° y A=18°
↓
Aquí se derrite totalmente
26:00 A=18° y B=32° Líquido
28:00 → A=23° Derrite y B=48° Ambos Líquidos

6. Con los datos registrados construye un modelo matemático y/o verbal que dé cuenta de la manera como se relacionan las variables en estudio. Dicha construcción de los modelos se puede hacer utilizando el siguiente proceso:

- a. Determinar con claridad el objetivo del modelo que se va a realizar con los datos obtenidos en el experimento.

ANALIZANDO LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE ACUERDO A LAS HIPÓTESIS PLANTeadas:

- Podemos decir que el pico que se descongela más rápido es el B porque tiene menos masa y los datos muestran que su temperatura aumenta más rápido.
- En los datos podemos observar que el pico B aumento más rápido su temperatura.
- El cambio de energía interna es igual porque ambos están en la misma cantidad de calor.
- No porque el calor no es un objeto, es decir, los cuerpos no tienen calor.

