

# Ideas de alumnos ingesantes a la universidad acerca de los modelos en Física

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Rosana Cassan<sup>1</sup>, Elena Llonch<sup>1</sup>, Alejandra Rosolio<sup>1</sup>, Patricia Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Conceptualización en Educación en Ciencias, Escuela de Formación Básica, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Avenida Pellegrini 250 - CP 2000, Rosario, Argentina.

**E-mail:** rcassan@eie.fceia.unr.edu.ar

## Resumen

La Física estudia las leyes de la naturaleza y los fenómenos que involucran interacciones entre la materia y la radiación abordando el estudio de los mismos a través de la construcción de modelos. La modelización es, por tanto, fundamental en la estructura de esta disciplina. Un modelo físico es una representación conceptual simplificada de una parte de la realidad, construido con el fin de estudiar ciertos procesos para describir, explicar y hacer predicciones en relación a los mismos. En el presente trabajo se indagan y analizan las primeras ideas acerca de la noción de “modelo” en Física de estudiantes de un taller semestral de Introducción a la Física, desarrollado previamente al cursado de las asignaturas de Física Básica de las carreras de ingeniería.

**Palabras claves:** Física, Modelización, Conceptos, Enseñanza, Representación.

## Abstract

Physics studies the laws of nature and phenomena involving interactions between matter and radiation by addressing them through the modeling process. Modeling is therefore fundamental to the structure of this discipline. A physical model is a simplified conceptual representation of a part of reality, built in order to study certain processes so as to describe, explain and make predictions in relation to them. In this paper we investigate and analyze the first ideas about the notion of Physics “model” as developed by students taking a one-semester workshop on Introductory Physics. This workshop takes place prior to the Basic Physics courses of engineering degrees.

**Key words:** Physics, Modeling, Concepts, Teaching, Representation.

## I. INTRODUCCIÓN

La naturaleza es sumamente compleja, de modo que cuando se desea estudiar parte de ella en el marco de una ciencia, sería extremadamente complicado, cuando no imposible, considerar todas sus características y propiedades. En particular la Física, que estudia las leyes de la naturaleza y los fenómenos que involucran interacciones entre la materia y la radiación, aborda el estudio de los mismos a través de la construcción de modelos, seleccionando en cada caso las propiedades relevantes en relación al objeto de estudio. En este sentido un modelo físico es una representación conceptual simplificada de una parte de la realidad, construido con el fin de estudiar ciertos procesos para describir, explicar y hacer predicciones en relación a los mismos. Cada modelo se construye con un objetivo determinado y la validez de las predicciones realizadas sobre el sistema en estudio está limitada por la validez del modelo escogido.

En las clases de Física básica universitaria usualmente se mencionan los modelos utilizados pero no siempre el docente explicita la forma en que dichos modelos son construidos. Incluso en algunos casos se da por sobreentendido que el alumno ya conoce o que es capaz de comprender rápidamente el concepto. Asimismo, si bien los libros de texto también los mencionan, es difícil encontrar en ellos un tratamiento detallado del proceso de modelización. La realidad es que en muchos casos los alumnos terminan de cursar las asignaturas de Física básica sin haber comprendido qué es un modelo físico y cuál es el propósito de los mismos dentro del conocimiento científico.

En el ámbito de la educación en ciencias se han diseñado e implementado varias propuestas de enseñanza – aprendizaje y de formación docente centradas en la construcción de modelos científicos (Brewer, 2008; Conconi, 2001; Hestenes, 2010 y 1987; Massa y Mulhall, 1992). Estos proyectos promueven la modelización como el tema central de la educación en Física. Sin embargo, al menos en nuestro país, dichas iniciativas no han sido suficientemente difundidas, de modo que el número de docentes participantes de las mismas es limitado.

## II. EN ROL DE LOS MODELOS EN FÍSICA

El rol fundamental de los modelos es innegable para los científicos, puesto que ellos son la base a partir de la cual se desarrolla toda investigación, tanto teórica como experimental, de modo que se constituyen en el núcleo de la construcción del conocimiento, el razonamiento y la resolución de problemas (Giere, 1988).

En el campo de la educación en ciencias, Ornek (2008) categoriza a los modelos en modelos conceptuales y modelos mentales. Se entiende por modelos conceptuales a aquellos que han sido diseñados como herramientas para la comprensión o la enseñanza de los sistemas de la naturaleza, siendo además construidos y consensuados por la comunidad científica. Los modelos matemáticos, computacionales, físicos, y los modelos de la Física, están incluidos dentro de los modelos conceptuales. Por otro lado, los modelos mentales (Johnson-Laird, 1983) son representaciones generadas en la estructura cognitiva interna de los individuos y utilizadas por ellos para comprender distintos aspectos del mundo. Johnson-Laird sostiene en su teoría que las personas comprenden proposiciones acerca del mundo real solamente mediante la construcción de un modelo mental de la situación a la cual la proposición se refiere. La idea de que el desarrollo de modelos mentales apropiados es fundamental para el aprendizaje de la Física, y por lo tanto para la comprensión de los modelos conceptuales de esta disciplina, ha sido el tema de numerosos trabajos de investigación (Greca y Moreira, 2000; Moreira, 1996).

En los procesos de enseñanza – aprendizaje de las ciencias, y especialmente en Física, se utilizan diferentes tipos de modelos, cada uno de ellos con su alcance y aplicaciones correspondientes. Como se mencionó anteriormente, los modelos son representaciones simplificadas de una parte de la realidad que pueden representar un fenómeno, un objeto, o una idea, y por lo tanto solamente dan cuenta de algunas propiedades de aquello que representan.

La construcción de un modelo en Física requiere la coordinación e integración de los hechos con las teorías científicas, no debiendo entenderse como una simple o mera recopilación de datos y aplicación de fórmulas matemáticas. Un modelo organiza los contenidos de una teoría para su aplicación a situaciones y problemas concretos. La comprensión de los modelos conceptuales y el aprendizaje necesario para poder construirlos y utilizarlos es fundamental para el científico y de gran utilidad para mejorar la actuación de los estudiantes en la resolución de problemas tanto en el aula como así también luego en el ámbito profesional.

La identificación, construcción y explicitación del modelo adecuado en una tarea de resolución de problemas por parte del estudiante indica que éste ha comprendido la consigna. A su vez, el modelo ya construido forma parte de la resolución del problema (Hestenes, 1987).

Desde hace varios años y en el marco de diferentes proyectos de investigación desarrollados dentro del Grupo de Conceptualización en Educación en Ciencias de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), se ha venido trabajando en cuestiones vinculadas a los procesos de modelización en la formación de profesores en Física (Massa y Mulhall, 1992), se han estudiado las argumentaciones de alumnos de Física Básica universitaria acerca de la validez de la aplicación de determinados modelos científicos (D'Amico y Sánchez, 2012) y se han indagado los modelos situacionales elaborados por estudiantes de Física básica universitaria en tareas de resolución de problemas (Llonch, Rosolio y Sánchez, 2012; Rosolio, Sánchez y Llonch, 2013). Los resultados de estos trabajos han puesto de manifiesto las dificultades conceptuales y limitaciones de los estudiantes en relación a la construcción y aplicación de modelos.

Con el objeto de dar continuidad a los trabajos mencionados, en el presente artículo se analizan las primeras ideas acerca de la noción de *modelo* en Física de estudiantes participantes de un taller semestral de Introducción a la Física, desarrollado previo al cursado de las asignaturas de Física básica en las carreras de ingeniería. En este taller se introduce, en forma general, el concepto de modelo en las primeras clases y se mencionan algunos ejemplos concretos de modelos científicos. En las reuniones posteriores, en el marco de dicho taller, se trabajan distintas unidades temáticas tales como magnitudes y unidades físicas, mediciones directas e indirectas, un primer abordaje del concepto y reconocimiento de fuerzas como interacciones, así como la esquematización de fuerzas teniendo en cuenta su carácter

vectorial. La actividad a partir de la cual se realizó el presente estudio tuvo lugar luego de la discusión de los temas mencionados.

El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación “Las representaciones múltiples y el lenguaje en la construcción e interpretación de los diagramas de cuerpo libre” de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNR. Forma parte de la implementación de una propuesta de enseñanza de la Física básica universitaria centrada en la construcción de modelos.

### **III. UN MODELO ACTUAL DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

Las propuestas curriculares actuales sostienen que un modelo de enseñanza de las ciencias debe ayudar a los estudiantes a desarrollar formas de pensamiento críticas. En tal sentido Hodson (2003, 1992) propone que la enseñanza de las ciencias debe plantearse los siguientes objetivos:

- Que los estudiantes aprendan ciencia y tecnología.
- Que los estudiantes aprendan acerca de la naturaleza de la ciencia y tecnología.
- Que los estudiantes puedan involucrarse en la resolución de problemas científicos y tecnológicos.

El primer objetivo mencionado está claramente presente en la enseñanza tradicional. El tercero de los objetivos también tiene su lugar en la enseñanza, ya que cada vez se observa más énfasis en el abordaje de verdaderos problemas de la ciencia y la tecnología, al considerar especialmente su carácter de problemas abiertos, ya que se trata de incluirlos en forma gradual desde los primeros cursos. El segundo objetivo que menciona Hodson es el que pareciera no tener un abordaje explícito, dándose muchas veces por sobreentendido.

Como docentes de Física en carreras de ingeniería e investigadoras en enseñanza de la Física, reconocemos el rol central de los modelos tanto en ciencias como en tecnología, disciplinas presentes a lo largo de todo el cursado de las carreras de ingeniería. Consideramos además, que desde el comienzo de la carrera es necesario transmitir a los estudiantes la importancia de la modelización a través de la explicitación de los procesos asociados. En este aspecto es necesario estimular a los estudiantes desde las primeras experiencias en asignaturas científicas para que se involucren en la construcción y/o desarrollo de modelos en forma independiente.

En un todo de acuerdo con lo que sostiene Ausubel (1983): “*el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto, y enséñese en consecuencia*”, y con el concepto de “*zona de desarrollo próximo*” de Vygotsky (1978) la pregunta de investigación que guió el presente trabajo fue la siguiente: ¿qué noción de modelo científico poseen los estudiantes que ingresan a un curso de Física básica universitaria?

### **IV. METODOLOGÍA**

Se trabajó con un conjunto de 50 estudiantes pertenecientes a una comisión de primer año de carreras de ingeniería (Civil, Industrial, Mecánica, Electrónica, Eléctrica y Agrimensura) de la FCEIA, UNR. Los estudiantes estaban cursando la asignatura Introducción a la Física, que se desarrolla con modalidad taller, y que posee una carga horaria de tres horas semanales a lo largo del primer semestre de cursado de la carrera. Si bien con anterioridad al inicio del cursado de las asignaturas que conforman los planes de estudio de las distintas carreras, los alumnos asisten a cursillos de ingreso de matemática, de informática y de sistemas de representación, Introducción a la Física (que forma parte del plan de estudios) es la primera asignatura de la disciplina que ven los estudiantes, al no existir un cursillo de Física previo al ingreso.

Los estudiantes participantes expresaron sus ideas sobre el concepto de modelo en Física en el marco de un trabajo práctico individual realizado en forma escrita en el que se incluyeron los temas abordados hasta ese momento. El mismo tuvo lugar aproximadamente a la mitad del cursado del taller. La consigna a la que debían responder fue: “*Explica con tus propias palabras qué entiendes por modelo en Física y para qué sirven. Da un ejemplo en el que hayas utilizado un modelo en Física*”. La pregunta fue formulada con la intención de indagar hasta qué punto los estudiantes habían construido la noción de modelo, su conocimiento acerca del rol que los mismos tienen dentro de las disciplinas científicas y si podían conectar estas ideas con algún modelo con el que hubiesen trabajado en ciencias en cualquier nivel educativo. Consideramos que esta información será valiosa para el futuro trabajo en el siguiente curso de Física básica (Mecánica) en el cual se pondrá énfasis en la construcción de modelos.

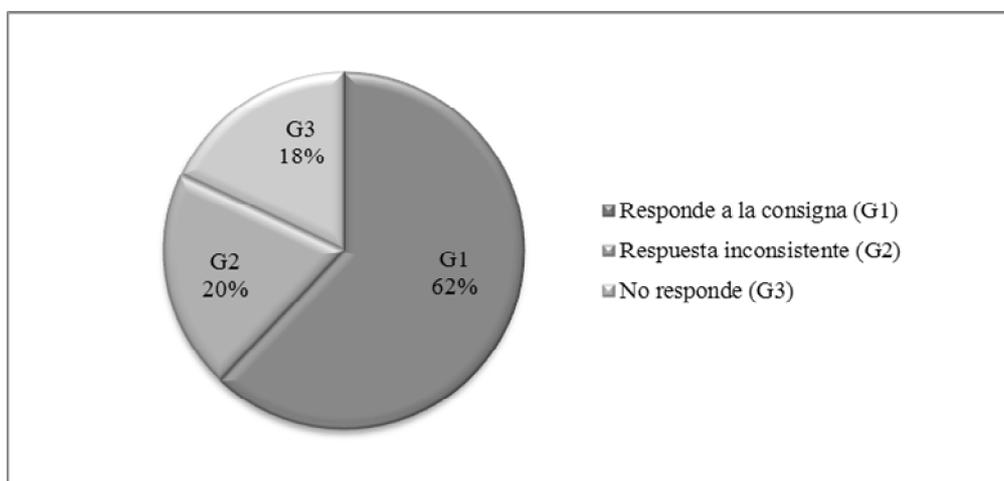
#### **A. Procesamiento de la información**

En una primera etapa las producciones de los estudiantes se clasificaron en tres grupos: aquellas que corresponden a estudiantes que responden a la consigna en forma completa o parcial (G1), las que pertenecen a quienes lo hacen en forma inconsistente o que a partir de las mismas se infiere que no lograron comprender la consigna (G2), y aquellas que no responden (G3) a lo solicitado.

Las respuestas de los estudiantes del grupo G1 fueron analizadas en profundidad, en una segunda etapa, en forma independiente por todas las autoras desde el marco teórico presentado. Se compararon los resultados de los análisis realizados, se discutieron algunas diferencias y se buscaron consensos. Finalmente, se registraron los porcentajes de cada modalidad.

## V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La clasificación correspondiente a la primera etapa se esquematiza en la Figura 1. En ella se observa que el 18% de los estudiantes no responde, y si a este grupo se suma el número de estudiantes que lo hace en forma inconsistente el porcentaje asciende a un 38%. Consideramos importante que un 62% de los estudiantes en esta etapa temprana de su formación universitaria hayan podido construir y comunicar su concepción de modelo en Física, si bien en algunos casos solamente lo han hecho en forma parcial.



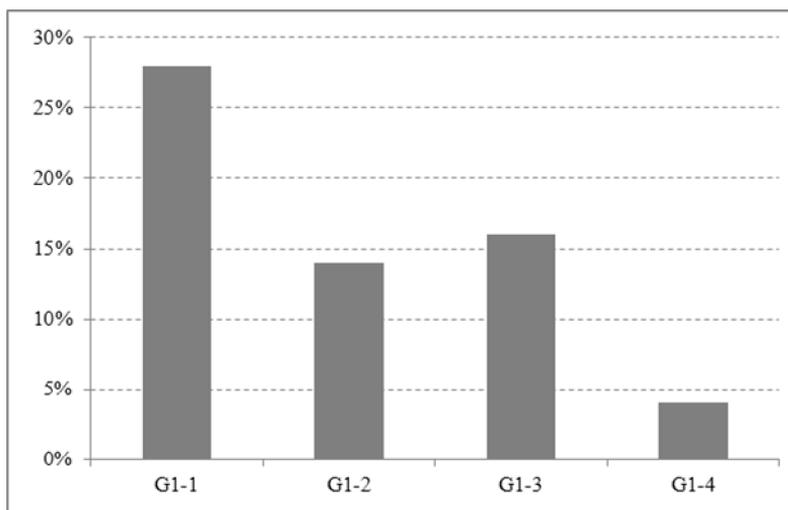
**FIGURA 1.** Distribución porcentual de las respuestas de los estudiantes en la primera etapa del análisis.

En la segunda etapa del análisis se profundizó el estudio de las respuestas de los estudiantes del grupo G1, clasificándolas en cuatro categorías distintas según las siguientes consideraciones:

- G1-1: los estudiantes que expresaron adecuadamente y en forma clara el concepto de modelo en Física, dando un ejemplo apropiado (considerando el nivel académico de estos estudiantes).
- G1-2: los estudiantes que consideraron que un modelo es solamente una representación gráfica o un esquema, cuya utilidad es simplificar la resolución del problema en estudio.
- G1-3: aquellos estudiantes que limitaron el significado de modelo a diagrama de cuerpo libre.
- G1-4: los estudiantes que confundieron los modelos de la Física con los modelos físicos, entendidos como la representación de un objeto a escala (por ejemplo, un autito de juguete o una maqueta).

En la Figura 2 se muestra la distribución porcentual de los estudiantes que han respondido a la consigna (grupo G1) sobre el total de estudiantes.

Se observa que el 28% de los estudiantes respondió a la consigna en forma adecuada y clara (grupo G1-1), mientras que un 30% mostró una idea parcial o acotada, aunque no errónea de lo que representa un modelo en Física (grupos G1-2 y G1-3). El 4% que conforma el grupo G1-4 evidencia que aún no había llegado a construir la noción de modelo científico y que solamente había alcanzado a recuperar de su memoria el concepto de “modelo a escala” para utilizarlo en su respuesta a la consigna.



**FIGURA 2.** Distribución porcentual de las actuaciones de los estudiantes que responden a la consigna sobre el total de estudiantes.

Con fines ilustrativos, en la Tabla I se transcriben algunas respuestas de los estudiantes del G1 a fin de ejemplificar cada categoría:

**TABLA I.** Ejemplos de las producciones de los estudiantes en cada categoría del G1.

Categoría	Respuesta representativa
G1-1	Estudiante 34: “Un modelo en física es una idealización de un sistema físico al cual se desea estudiar. Un ejemplo de una modelización es cuando calculamos la velocidad de algún móvil. Como sistema físico simbolizamos al móvil como una partícula. Los modelos sirven para <u>simplificar</u> el estudio del sistema.”
G1-2	Estudiante 10: “Un modelo en Física es un esquema simplificado (sin detalles). Se utiliza para esquematizar un objeto o una situación ya que se requiere una visión general de la misma sin especificar cada uno de sus componentes. Un ejemplo de modelo en Física usado es el modelo del Sistema Solar en forma de elipse o el modelo de la Tierra en forma esférica.”
G1-3	Estudiante 03: “Un modelo de física es una forma de representar una situación donde interactúan fuerzas pero de manera sencilla y que facilite la comprensión de cómo interactúan las mismas y qué efectos producen sobre el cuerpo donde interactúan. Generalmente para facilitar la comprensión se representan las fuerzas vectorialmente sobre un eje coordenado. Un ejemplo de modelo fue la representación vectorial de las fuerzas de la mesa de fuerza en el eje cartesiano para analizar el equilibrio del sistema.”
G1-4	Estudiante 09: “El modelo en física nos sirve para representar algo a escala, es una construcción teórica. También es un montaje con objetos reales que reproducen algunos aspectos, por ejemplo el modelo del sistema solar, lo realizamos con esferas, de esta manera lo representamos a escala.”

En este trabajo se observa que el 42% de los estudiantes que han participado de la investigación (grupos G1-4, G2 y G3) al momento de la toma de datos no había logrado desarrollar el concepto de modelo en Física. Por otro lado, si bien los estudiantes de los grupos G1-2 y G1-3, que constituyen el 30% del total de los participantes, consideraron a los modelos como representaciones y expresaron que se utilizan para simplificar el tratamiento del problema a resolver, habían construido hasta ese momento una noción parcial de dicho concepto, ya sea limitándolo a un diagrama de cuerpo libre o describiendo características parciales asociadas a representaciones externas, tales como esquemas o gráficos. Estos estudiantes estarían ubicados en una etapa inicial de la construcción del concepto, sin mostrar

concepciones erróneas sobre el mismo. Es importante destacar que estos estudiantes cursarán en el siguiente semestre la asignatura Mecánica, en la cual es fundamental saber distinguir entre los distintos modelos a utilizar, específicamente *modelo de partícula* y *modelo de cuerpo rígido*, cuándo utilizar cada uno de ellos así como el formalismo matemático asociado a los mismos.

Finalmente el 28% de los estudiantes que constituyen el grupo G1-1, ha dado una respuesta completa y adecuada a la consigna establecida. Si bien estos estudiantes también están en la fase inicial de su formación universitaria, sus respuestas muestran que han logrado construir un concepto de modelo en Física apropiado a su nivel académico.

## VI. CONCLUSIONES

Las ideas de los estudiantes sobre modelo en Física influirán en el proceso de aprendizaje de las disciplinas que aborden en las distintas carreras de ingeniería. Seguramente, si el tratamiento explícito del proceso de modelización no tiene un lugar destacado en el aula o en los libros de texto, las ideas iniciales incompletas perturbarán la comprensión de las explicaciones tanto del docente como de la bibliografía que el estudiante consulte.

Teniendo en cuenta que el proceso de enseñanza-aprendizaje en todas las áreas del conocimiento es continuo y espiralado (Mazarío Triana y Mazarío Triana, 2015; Good y Brophy, 1995) es esperable encontrar estos resultados en esta etapa ya que, al momento de la investigación, los participantes solamente habían realizado un primer abordaje del tema. Es fundamental que se siga explicitando el rol de los modelos en las teorías físicas en todos los cursos sucesivos, de modo que los estudiantes elaboren y amplíen adecuadamente el concepto, imprescindible para el aprendizaje de esta disciplina.

Como se mencionó, el presente trabajo está enmarcado en la etapa inicial de un proyecto de enseñanza-aprendizaje de la Física centrada en la construcción de modelos. La etapa siguiente se desarrollará en el próximo semestre durante el cursado de la asignatura Física I (Mecánica), donde las autoras del presente trabajo se desempeñan como docentes.

A partir de los resultados de esta investigación, se decidió profundizar la discusión acerca del proceso de modelización y su rol en el desarrollo de las ciencias como así también en la ingeniería. Se destinará parte de la carga horaria de la asignatura a la discusión de esta temática. A fin de propiciar una postura activa y una actitud crítica por parte de los estudiantes, se los alentará en la construcción y explicitación de sus propios modelos físicos y tecnológicos a través de la resolución de problemas tanto de laboratorio como de lápiz y papel, en forma grupal e individual.

Se trabajará con el grupo de estudiantes que participaron del presente estudio, haciéndose un seguimiento de mismos. Las actuaciones de estos estudiantes se compararán con las de otros grupos. Los resultados correspondientes se comunicarán en futuros trabajos.

## REFERENCIAS

- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. 2° Ed. México: Trillas.
- Brewe, E. (2008). Modeling theory applied: Modeling Instruction in introductory Physics, *American Journal of Physics*, 76 (12), pp. 1155 – 1160.
- Concari, S. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias, *Ciência & Educação*, 7 (1), pp. 85 - 94.
- D'Amico, H. y Sánchez, P. (2012). Argumentación, modelos mentales y estructura conceptual, *Memorias XI Simposio de Investigación en Educación en Física*, Esquel, pp. 377 - 386.
- Giere, R. (1988). *Explaining Science: A Cognitive Approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- Good, T. y Brophy, J. (1995). *Psicología Educativa Contemporánea*. México: McGrawHill.
- Greca, I. y Moreira, M. (2000). Mental models, conceptual models and modeling, *International Journal of Science Education*, 22 (1), pp. 1- 11.

- Hestenes, D. (2010). Modeling Theory for Math and Science Education. En Lesh, R. et al. (eds.): *Modeling Students' Mathematical Competencies*. New York: Springer.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction, *American Journal of Physics*, 55 (5), pp. 440 - 454.
- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), pp. 645 - 670.
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), pp. 541-562.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge: Harvard University Press.
- Llonch, E., Rosolio, A. y Sánchez, P. (2012). Comprensión y modelización en la resolución de un problema de Dinámica, *Memorias del XI Simposio de Investigación en Educación en Física*, Esquel, pp. 125 - 134.
- Massa, M. y Mulhall, W. (1992). El esquema de los tres espacios como base para generar la estructura conceptual de una teoría física II, *Cad. Cat. Ens. Fís*, Florianópolis, 9 (3), pp. 201 - 208.
- Mazarío Triana, I. y Mazarío Triana, A., Enseñar y aprender: conceptos y contextos, consultado en <http://www.bibliociencias.cu/gsdll/collect/libros/archives/HASHd99c.dir/doc.pdf>, junio de 2015.
- Moreira, M. A. (1996). Modelos mentais, *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(3), pp.193 - 232.
- Ornek, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science, *International Journal of Environmental & Science Education*, 3 (2), pp. 35 - 45.
- Rosolio, A., Sánchez, P. y Llonch, E. (2013). Movimiento conjunto: diagramas de fuerzas y modelos mentales, *Memorias de la XVIII Reunión Nacional de Educación en Física*, Catamarca, pp. 1289 - 1306.
- Vigotsky L. S. (1978). *El Desarrollo de los Procesos Psicológicos Superiores*. Barcelona: Crítica.