

EL PERFIL EPISTEMOLÓGICO DE BACHELARD Y LOS MODELOS DIDÁCTICOS: LA TRANSFERENCIA EPISTEMOLÓGICA EN ALUMNOS DE NIVEL MEDIO

BACHELARD'S EPISTEMOLOGICAL PROFILE AND DIDACTIC MODELS: THE EPISTEMOLOGICAL TRANSFERENCE IN STUDENTS OF MIDDLE SCHOOL

Javier Viau
Lucrecia Moro¹

La persistencia de ciertas dificultades en mecánica ha sido comprobada no solamente a partir de estudios individuales de los alumnos sino también a través de la utilización de instrumentos a mayor escala concebidos para evaluar la conceptualización.

La elaboración del perfil epistemológico de los estudiantes se constituye en un importante instrumento para el planeamiento y análisis de la enseñanza de la Física, ya que la transposición didáctica puede ser medida en función de la evolución de los perfiles epistemológicos. Así, podemos ver que la tarea del docente consiste en ayudar a los alumnos a superar los conflictos epistemológicos e inducirlos a reflexionar sobre sus propias ideas a los efectos de acercarlos al racionalismo científico.

Este trabajo consistió en elaborar el perfil epistemológico correspondiente a un grupo de alumnos de nivel medio de enseñanza, antes y después de la instrucción de los conceptos de masa y peso. La obtención del mismo nos permitió evidenciar los obstáculos epistemológicos que los alumnos debieron superar en las distintas etapas de la instrucción.

**Enseñanza de la física - Transposición didáctica - Escuela Media -
Estudiantes**

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Mar del Plata – Correo Electrónico: grupocienciasbasicas@gmail.com

The persistence of certain difficulties in mechanics has been proved not only from individual studies but also from the widely using of instruments conceived to evaluate the conceptualization.

The making of the student's epistemological profile constitutes an important instrument for the planning and the analysis of the physic's teaching because the didactic transposition can be measured in relation to the evolution of the epistemological profiles. In this way, we can see that the task of the teacher consists in helping the students to overcome the epistemological problems, lead them to think about their own ideas, and bring them closer to the scientific rationalism.

This Project consisted in devising the epistemological profile of a group of middle school students before and after the instruction of the concepts of mass and weight. The epistemological profile allowed us to make clear the epistemological problems that the students had to overcome in the different stages of the instruction.

Physic's teaching - Didactic transposition - Middle school - Students



Introducción

Los conceptos de masa y peso presentan dificultades para su comprensión por parte de los alumnos, las que han sido estudiadas por diferentes autores (Gustone y White, 1981; Clement, 1982; Watts, 1982; Noce, Toro Santucci y Vicentini, 1986; Mayer, 1987; Berg y Brouwer, 1991; Palmer, 2001; Camino y Martinez, 2005; Moro, Viau, Zamorano y Gibbs, 2007). No son conceptos que se derivan de sí mismos, sino que los estudiantes los van adquiriendo a medida que **avanza** la instrucción.

Para los físicos, la naturaleza esencial de la gravedad se encuentra dentro de lo profundo de la teoría de la relatividad de Einstein. Pero los cursos de enseñanza media y del ciclo básico universitario están basados en las tres leyes de Newton y en la ley de gravitación universal (Watts, 1982). Si bien los alumnos reciben la instrucción por medio de asignaturas en las cuales la mecánica es abordada desde los currículos correspondientes a los niveles medio y universitario, la ley de gravitación universal no es tratada en forma integrada con los principios de Newton. Por lo tanto no se les otorga un marco conceptual

pertinente que les permita reconocer a la interacción gravitatoria y diferenciarla en distintas situaciones problemáticas.

Consideramos que un aspecto importante a ser tenido en cuenta en toda teoría educativa es reconocer que uno no está tratando con una *tabula rasa*: los estudiantes no tienen mentes en blanco que esperan de sabiduría, sino mentes llenas de nociones sobre el mundo, muchas de las cuales no se corresponden con los modelos científicos aceptados (Stannard, 2001). Los alumnos desarrollan modelos basados en su propia experiencia que luego son utilizados como base para interpretar los conceptos impartidos en las clases, los libros, etc. (Johnson-Laird, 1983; Moreira, Greca y Rodríguez Palmero, 2002).

Nosotros estudiamos las analogías, las metáforas y los modelos como herramientas para la exploración de la continuidad del progreso científico. Sin dudas, las analogías y las metáforas constituyen un instrumento importante en el razonamiento ordinario, recurriendo al lenguaje e imágenes que permiten conectar el saber popular y la forma de conocer de las personas. Su papel en la construcción de conocimientos en los individuos ha sido ampliamente fundamentado desde el punto de vista neurológico y psicológico, pero no tanto dentro de un marco epistemológico (Oliva Martínez, 2004). Pero además, como señalamos más adelante, este estudio nos brinda la posibilidad de realizar una planificación didáctica, contextualizando la enseñanza de los conceptos a los procesos cognitivos de los estudiantes. La aplicación didáctica del modelado puede ser considerada como un razonamiento continuo en el cual el profesor comienza conociendo las capacidades representacionales básicas de los alumnos y trata de aproximarse al entramado de conocimientos científicos (modelos teóricos). En el medio tiene que existir una forma de intermediación representacional (modelos didácticos analógicos).

Siguiendo nuestra línea de investigación basada en el diseño de modelos didácticos, la obtención del perfil epistemológico (Bachelard, 2003) se convierte en una información esencial tanto al momento de diseñar la estructura epistemológica de un modelo didáctico (Viau, Moro, Zamorano y Gibbs, 2008), como al de evaluar el grado de racionalismo alcanzado por su utilización en el aula como recurso didáctico de enseñanza.

Marco teórico

Varios estudios ponen de manifiesto las concepciones alternativas de los alumnos con respecto a los conceptos de masa y peso, (Gunstone y White, 1981; Watts, 1982; Noce et al., 1986; Mayer, 1987; Berg y Brouwer, 1991; Palmer,

2001; Camino y Martínez, 2005; Carrascosa Alís, 2006; Moro et al., 2007).

Entre esos estudios se encuentra que en los alumnos prevalece la idea de que los cuerpos, cuanto más pesados son, antes llegan al suelo. Esta idea está conectada con la de fuerza como causa del movimiento. Se admite que si un objeto tiene más masa pesa más, pero luego la idea de fuerza como causa del movimiento lleva a razonar que si es atraído hacia el suelo con más fuerza deberá llegar antes. Otros resultados ponen en evidencia las ideas que poseen los alumnos con respecto a la gravedad, por ejemplo que la Luna no tiene gravedad porque es considerada como un cuerpo menor por ser satélite de la Tierra y, que ningún otro cuerpo que no sea la Tierra tiene gravedad, o porque en la Luna no hay atmósfera, estableciéndose aquí una relación de tipo causal directa entre la existencia de atmósfera y gravedad.

A estas concepciones, en general, la enseñanza tradicional de la física no las toma en cuenta con toda la consideración que debería tener. Esta falla en la instrucción es en parte responsable de la incomprensión de los alumnos, ya legendaria, en los cursos introductorios de física, (Halloun y Hestenes, 1985).

El aprendizaje de la ciencia requiere de una reorganización de las representaciones intuitivas que tienen los alumnos, muchas veces establecidas a través de relaciones de causalidad simple. Este cambio representacional debe incorporar la comprensión de los conceptos y los modos de elaboración de las ciencias para lo cual se evoluciona desde los modelos mentales hacia los teóricos. La intermediación se puede realizar a través de la instrucción utilizando modelos didácticos.

La perspectiva de la utilización del modelado en la enseñanza concuerda con la evidencia de que los primeros razonamientos de los niños están contenidos dentro de una amplia variedad de dispositivos representacionales, los que inicialmente involucran imágenes visuales y alguna otra forma de simbolización del mundo externo (Lehrer y Schauble, 2000). Aún en etapas tempranas se observa en los niños la capacidad fundamental de expresar a una cosa como representada por otra. La ciencia cognitiva, que incorpora conceptos desde la filosofía de la ciencia, la neurofisiología y la lingüística parte de la noción de representación. Un proceso cognitivo es un conjunto de operaciones de pensamiento que manipulan representaciones y éstas deben tener contenidos que los hagan semánticamente evaluables y valorables epistémicamente.

La conceptualización no necesariamente procede por la acomodación del marco conceptual previo, sino que incorpora los conceptos independientemente de los previos. Aún en dominios científicos hay diferencias ontológicas y epistemológicas entre modelos. Aquí es donde utilizamos la noción, introducida por Bachelard (2003), de perfil epistemológico, que es una medida de los

distintos obstáculos que la cultura del individuo debió superar.

Perfil epistemológico

Bachelard (2003) dice, que cualquier concepto científico posee una perspectiva filosófica. Esta perspectiva a la que hace referencia, la construye basándose en que es indiscutible el progreso científico a lo largo de la historia, juzgado a través del progreso que muestra la jerarquía de los conocimientos. Y propone tomar ese progreso como eje de un estudio filosófico en donde los sistemas filosóficos se situarán regularmente para cada concepto científico analizado, desde el animismo al superracionalismo.

El pensamiento científico provee un principio para la clasificación de las filosofías y para el estudio del progreso de la razón.... (Bachelard, 2003: 21). Así, tenemos que un concepto puede ser ordenado de acuerdo a distintos niveles sobre los cuales descansan filosofías científicas diferentes, y sin dudas progresivas en cuanto a la jerarquía del conocimiento sobre el mismo.

De esta manera muestra en su explicación, cómo un concepto se dispersa sobre las distintas filosofías, planteando cada una de ellas un aspecto, aclarando una faz del mismo, pero distribuyéndose progresiva y ordenadamente en la medida en que la complejidad de su conocimiento lo exige. Se crea así, una especie de escala, que localiza los distintos debates filosóficos abiertos sobre el concepto, que es polémica en la medida en que referencia a distintas filosofías pero que no impide confusión de sus argumentos.

Es por ello que Bachelard sugiere realizar un análisis filosófico espectral de esta perspectiva filosófica. Este análisis espectral, que él mismo lo ubica en el eje de las abscisas muestra las diferentes componentes o bandas espectrales correspondientes a las filosofías contenidas en la perspectiva filosófica, mientras que el eje de las ordenadas, pondera dichas componentes espectrales en función de la formación científica del individuo. Así, por ejemplo, una cultura racionalista mostrará bandas de mayor peso o altura en este nivel filosófico.

De esta forma, si uno compara distintos perfiles epistemológicos, podrá tener una idea clara de la formación científica-cultural del individuo al que pertenece, pues las bandas representan las huellas de los distintos obstáculos que la cultura del individuo debió superar.

Bandas del perfil (bandas filosóficas nocionales)

La caracterización de las bandas del perfil epistemológico se realizó teniendo en cuenta los lineamientos de Bachelard (2003). Dado el grado de instrucción en física que han recibido los grupos de alumnos participantes en este estudio, el racionalismo alcanzado por los mismos lo encuadramos como un racionalismo ingenuo. A los efectos de ampliar el espectro del análisis racionalista, hemos caracterizado a este racionalismo ingenuo en dos bandas: racionalismo formal y racionalismo. De esta manera podemos categorizar dentro de la banda racionalista los distintos grados esperados para el nivel de instrucción de los participantes.

Transferencia epistemológica

Toda transposición didáctica transforma la ciencia practicada por los científicos en ciencia escolar o escolarizada, o en otros términos en ciencia didactizada (Gallego Badillo, 2004). Así, la transposición didáctica constituye la transformación del saber erudito en conocimiento a enseñar: es el proceso por el cual se escolarizan los contenidos científicos (Chevallard, 1991).

El conocimiento científico es un patrimonio de una comunidad, pero no es enseñable bajo la forma que la misma lo reconoce. Se requiere de un tratamiento de modo que pueda ingresar dentro de un discurso didáctico. Esta transformación lo convierte en un conocimiento diferente al científico, pues al realizar la misma incorpora una serie de conceptos y estructuras para hacerlo comprensible en el ámbito escolar.

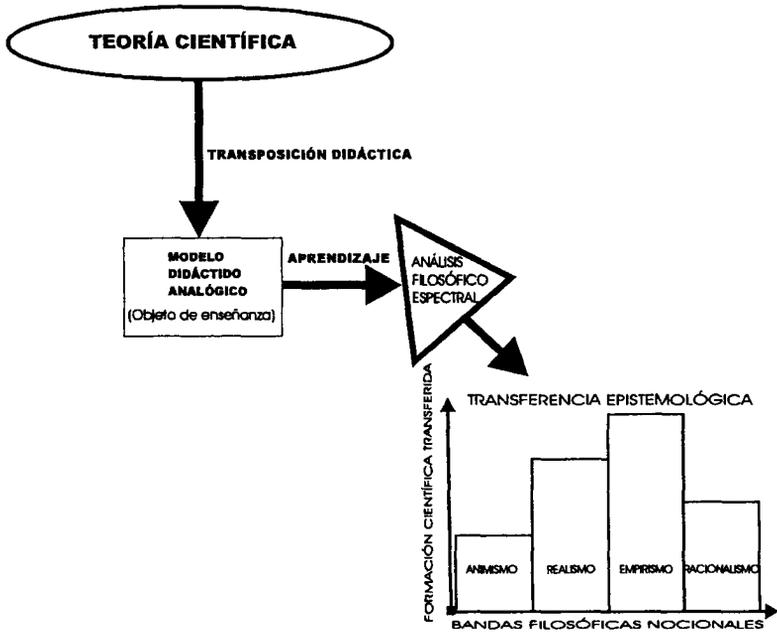
Los modelos didácticos analógicos son nuevas representaciones de los modelos teóricos para exponerlos ante los alumnos reduciendo su nivel de abstracción matemática y hacerlos más accesibles (Aduriz-Bravo y Galagovsky, 1997). Sin disminuir las características conceptuales del modelo teórico, se trata de transfigurarlo mediante esquemas que utilicen sucesivas analogías, mientras que se mantiene la continuidad conceptual ya que permanecen los referentes ontológicos (Putnam, 1975).

Un modelo didáctico o didáctico analógico, encierra en sí mismo un compromiso epistemológico respecto de su transposición didáctica que es deseable en su etapa de diseño. Es decir, un modelo didáctico analógico se diseña con un fin didáctico que presupone encuadrarlo con la ciencia bajo distintas perspectivas filosóficas (un poco de realismo, un poco de empirismo, otro de racionalismo, etc.). Es así, que de su aplicación en el aula de ciencias

surge la transferencia epistemológica, que es una medida de la huella epistemológica que el modelo origina en los alumnos.

La figura 1 representa esta idea, es decir la transposición didáctica de un modelo didáctico aplicado en un proceso de enseñanza aprendizaje.

Si realizamos un análisis filosófico espectral del conocimiento alcanzado por los alumnos que fueron instruidos mediante la utilización del modelo didáctico, obtenemos la transferencia epistemológica (Viau et al., 2008) que caracteriza a la transposición didáctica del modelo utilizado. Así, el prisma filosófico espectral representado en la figura, muestra cómo es posible medir la transferencia epistemológica de un modelo didáctico, analizando los perfiles epistemológicos alcanzados por los alumnos que con el mismo fueron instruidos.



Consideramos que el hecho de poder obtener la transferencia epistemológica de un modelo didáctico brinda una medida de sus alcances y limitaciones en el aula de ciencias, y encierra en sí mismo una premisa a ser tenida en cuenta en su etapa de diseño. Es decir, la evaluación de la aplicación de un modelo didáctico en el aula de ciencias no debe estar únicamente

restringida a los resultados estadísticos mostrados por los alumnos al ser evaluados, sino también en la transferencia epistemológica que se logra obtener en el grupo al que es aplicado.

La transferencia epistemológica es una medida del grado de racionalismo alcanzado, y surge de la utilización en el aula de un modelo didáctico como recurso de enseñanza. Este grado de racionalismo es producto de su estructura conceptual y didáctica y refleja los alcances del mismo.

Metodología

Diseño y procedimiento: El diseño de investigación corresponde al de un estudio exploratorio descriptivo a través del análisis de las respuestas de los estudiantes.

Participantes: Alumnos pertenecientes a un curso de primer año de una misma escuela de nivel polimodal con orientación en Economía y Gestión de las Organizaciones, (31 alumnos de edad comprendida entre 14 y 15 años), de la ciudad de Mar del Plata.

Materiales: Para la instrucción de los conceptos de masa y peso utilizamos un modelo didáctico analógico diseñado por nuestro grupo (Moro et al., 2007).

La recolección de datos para obtener los perfiles epistemológicos se realizó mediante la utilización de determinados conjuntos de opciones de un cuestionario de respuestas múltiples previamente validado que nos permitiera obtener información acerca de las concepciones de los alumnos de los conceptos de masa y peso. Este cuestionario fue confeccionado teniendo en cuenta las actividades de evaluación propuestas por Watts (1982), Camino y Martínez (2005) y, Osborne y Gilbert (1980).

Recolección y organización de datos: Los alumnos respondieron el cuestionario dentro de los respectivos horarios de clase con una duración asignada de 30 minutos. Las respuestas se categorizaron según la correspondencia de cada ítem de los cuestionarios y las bandas que hemos propuesto para el perfil epistemológico (realismo, empirismo) y racionalismo ingenuo (racionalismo formal y racionalismo)

Resultados

El cuadro 1 resume y agrupa cualitativamente las ideas que los alumnos intervinientes poseen sobre los conceptos de masa y peso que se corresponden con cada una de las bandas que hemos previsto para la elaboración del perfil epistemológico.

BANDAS DEL PERFIL EPISTEMOLÓGICO				
Conceptos involucrados	REALISMO	EMPIRISMO	RACIONALISMO INGENUO	
			RACIONALISMO FORMAL	RACIONALISMO
MASA	<p>La masa es el peso.</p> <p>La masa es el tamaño del cuerpo.</p> <p>La masa es el volumen del cuerpo.</p>	<p>A mayor volumen, mayor tamaño o mayor peso tiene mayor masa</p>	<p>La masa se opone a la acción de una fuerza.</p>	<p>Se relacionan magnitudes macroscópicas con microscópicas: masa está relacionada con la cantidad de materia.</p> <p>Se conceptualiza una masa inercial y una gravitacional.</p>
PESO	<p>El peso es la masa del cuerpo.</p> <p>El peso es la presión de un cuerpo sobre la tierra.</p>	<p>No hay distinción entre las balanzas de platillos y las de resorte. Toda balanza mide peso. El peso depende del tamaño y del volumen</p>	<p>El peso es el producto de la masa por la gravedad.</p>	<p>Se amplía el concepto de fuerza como manifestación de un campo.</p>

La banda realista del perfil está comprendida por las ideas que denotan espontaneidad, vinculadas con las impresiones inmediatas, sensaciones e intuiciones. En la banda empírica se encuentran las ideas de los alumnos relacionadas con experimentos o fenómenos. El racionalismo formal se caracteriza por la asociación a algoritmos y fórmulas sin llegar a un completo entendimiento de las relaciones conceptuales y finalmente la banda racionalista muestra que las ideas se estructuran en un debate conceptual que dan lugar a un modelo de articulación conceptual.

Las Figuras 2 y 3 muestran los gráficos de los perfiles epistemológicos obtenidos por los alumnos antes y después de la instrucción para los conceptos de masa y peso respectivamente.

Figura 2: Perfiles epistemológicos porcentuales correspondientes al concepto de masa, antes y después de la instrucción (N=31)

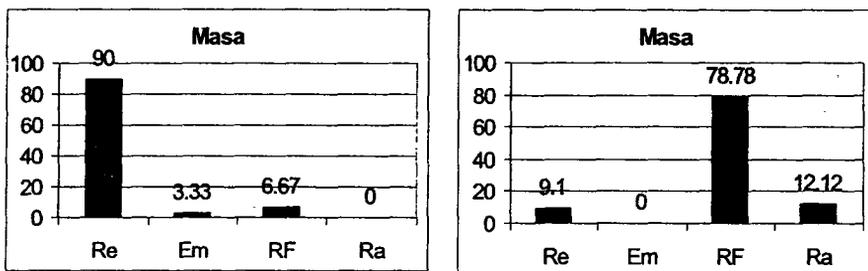
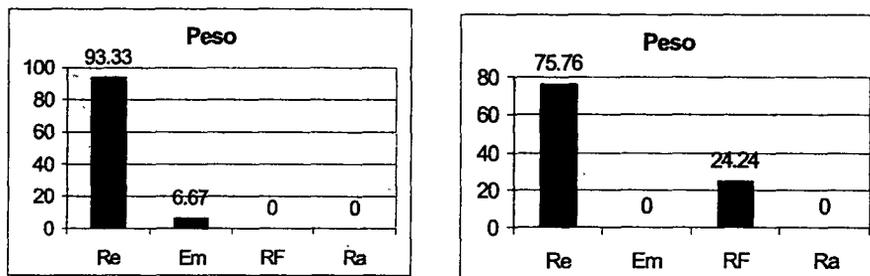


Figura 3: Perfiles epistemológicos porcentuales correspondientes al concepto de peso, antes y después de la instrucción (N=31)



Consideraciones finales

La elaboración del perfil epistemológico de los estudiantes se constituye en un instrumento para el planeamiento y análisis de la enseñanza de la Física. De modo que una tarea esencial del docente es ayudar a superar los conflictos epistemológicos e inducir a los alumnos a reflexionar sobre sus propias ideas para conducirlo a las ideas científicas.

Los perfiles epistemológicos previos a la instrucción evidencian la marcada banda correspondiente a un realismo ingenuo que poseen los alumnos como producto de su intuición acerca de los conceptos masa y peso. Precisamente esta marcada zona realista muestra como prima la experiencia sensible y básica, que con carácter de opinión se contrapone sobre la razón. La

instrucción permite alcanzar un grado de racionalismo ingenuo que se demuestra en los perfiles obtenidos por la aparición de bandas racionalistas que lo caracterizan.

Comprobamos en el desarrollo de las clases cómo las actividades a través de modelos necesitan ser guiadas y auditadas según la demanda de los estudiantes. Éstas dependen del contexto y de quiénes estén aprendiendo. Por eso es fundamental conocer bien las características conceptuales de los alumnos, es decir sus perfiles epistemológicos, así se podrán incorporar las estructuras de la ciencia a sus habilidades y concepciones previas.

BIBLIOGRAFÍA

- Adúriz Bravo, A. y Galagovsky, L. (1997). "Modelos científicos y modelos didácticos en la enseñanza de las ciencias naturales. Parte 1: Consideraciones Teóricas", en *Memorias de la X REF*. Mar del Plata. Argentina.
- Bachelard, G. (2003). *La filosofía del no*. Buenos Aires: Amorrortu Editores.
- Berg, T. y Brouwer, W. (1991). "Teacher awareness of student alternative conceptions about rotational motion and gravity". En *Journal of Research in science teaching*, 28(1), 3-18.
- Camino, N. y Martínez, J. M. (2005). "Algunas concepciones sobre la gravedad en la luna". En *Memorias REF 14 (Reunión de Educadores en Física)*, San Carlos de Bariloche. Argentina.
- Carrascosa Alis, J. (2006). en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), 77-88.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica*. Buenos Aires: Aique.
- Clement, J. (1982). "Students' preconceptions in Introductory Mechanics". En *American Journal of Physics*, 50, 66-71.
- Gallego Badillo, R. (2004). "Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales". En *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 3(3), 1-19. Disponible en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- Gunstone, R. F. & White, R. (1981). "Understanding of gravity". En *Science education*, 65(3), 291-299.
- Halloun, I. A. y Hestenes, D. (1985). "The initial knowledge state of college physics students", en *American Journal of Physics*, 53(11), 1043-1055.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental Models*, University Press, Cambridge.

- Lehrer, R. y Sculley, L. (2000). "Modeling in mathematics and science", In R., Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology*. Mahwah, N. Y., Lawrence Erlbaum.
- Mayer, M. (1987). Common sense knowledge versus scientific knowledge: the case of pressure, weight and gravity. *Proceedings of the second international seminar: misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. CORNELL, USA.
- Morcia, M. A.; Greca, I. M. y Rodríguez Palmero, M. L. (2002). "Modelos mentales y modelos conceptuales en la Enseñanza & Aprendizaje de las Ciencias". En *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(3), 37-57.
- Moro, L.; Viau J.; Zamorano R. y Gibbs H. (2007). "Aprendizaje de los conceptos de masa, peso y gravedad. Investigación de la efectividad de un modelo analógico". En *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 272-286.
- Noce, G.; Toro Santucci, G. y Vicentini, N. (1986). "Peso, aria e gravità: rappresentazioni mentali a vari livelli di eta". En *La Fisica nella Scuola XIX*, 4, 242-251.
- Oliva Martínez, J. M. (2004). "El papel del razonamiento analógico en la construcción histórica de la noción de fuerza gravitatoria y del modelo del sistema solar (Primera parte)", en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 31-44.
- Osborne, R. y Gilbert, J. (1980). "A technique for exploring students' views of the world", en *Physics Education*, 15, 376-379.
- Palmer, D. (2001). "Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity", en *International Journal of Science Education*, 23(7), 691-706.
- Putnam, H. (1975). *Mind, Language and Reality: Philosophical papers*. Vol. 2. Cambridge: U.K. Cambridge Univ Press.
- Stannard, R. (2001). "Communicating physics through story". En *PHYSICS EDUCATION*. 36(1), 30-34.
- Viau, J. E.; Moro, L. E.; Zamorano, R. O. y Gibbs, H. M. (2008). "La transferencia epistemológica de un modelo didáctico analógico". En *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 5(2), 170-184.
- Watts, D. M. (1982). "Gravity - don't take it for granted!". En *Physics Education*, 17, 116-121.