

APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS DE MASA, PESO Y GRAVEDAD. INVESTIGACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE UN MODELO ANALÓGICO

Lucrecia E. Moro; Javier E. Viau; Raúl O. Zamorano; Horacio M. Gibbs

Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
Departamento de Física, Funes 3550, Mar del Plata. Tel: 54-0223-475-6951. e-mail:
rauloscarrzamorano@yahoo.com.ar

[Recibido en Diciembre de 2006, aceptado en Febrero de 2007]

RESUMEN (Inglés)

La línea de investigación sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje científico basada en modelos analógicos ha adquirido relevancia, pero notamos que son pocas las aplicaciones en el aula, sobre todo en el nivel medio de enseñanza. Los modelos didácticos analógicos son una herramienta importante para la instrucción pero a condición de que el profesor y los alumnos adquieran una visión en común sobre el análogo y se describan sus limitaciones comparado con el modelo teórico. Se espera del alumno una toma de conciencia sobre sus procesos y eventos cognitivos para que pueda evaluar los progresos y resultados, comprendiendo su propia versión acerca de la naturaleza de su conocimiento y sobre el proceso de aprendizaje, es decir sobre sus esencias epistemológicas. En este trabajo se evalúa la eficiencia de un modelo didáctico analógico para la enseñanza de los conceptos de masa, peso y gravedad mediante un estudio correlacional, cuasiexperimental con posprueba y grupo control.

Palabras claves: aprendizaje activo; estrategias de enseñanza; masa, peso y gravedad. Modelos analógicos.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se estudió la efectividad de un modelo didáctico analógico para el aprendizaje de los conceptos de masa, peso y gravedad. Numerosos autores presentan las investigaciones que han realizado sobre las dificultades de los estudiantes respecto de la conceptualización de éstos (Gunstone y White, 1981; Clement, 1982; Watts, 1982; Noce, Toro Santucci y Vicentini, 1986; Mayer, 1987; Berg y Brouwer, 1991; Palmer, 2001; Camino y Martínez, 2005). La instrucción tradicional que se brinda en mecánica al abordar dichos conceptos no los toma con toda la consideración que se debería tener. Esta falta de una integración entre ellos, fundamentalmente debida a la naturaleza de la gravedad, dificulta que los cursos

basados en el formalismo de Newton otorguen un marco conceptual correcto a la interacción gravitatoria que permita reconocer el mecanismo de acción de la misma.

Para superar estas dificultades, hemos diseñado una estrategia didáctica para ser aplicada en clase, basada en un modelo didáctico analógico para abordar los conceptos de masa, peso y gravedad. La misma fue elaborada después de haber estudiado y analizado el perfil conceptual de los estudiantes sobre dichos conceptos en un trabajo previo, cuyas zonas fueron clasificadas según los criterios epistemológicos de Ribeiro Amaral y Mortimer (2004).

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 (Adúriz 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).

FUNDAMENTOS

Se ha escrito mucho desde la historia y la filosofía sobre el rol que juegan los modelos y el modelado en el proceso científico, así como en sus producciones (Black, 1962; Giere, 1990; Hesse, 1966, Bunge, 1978), y se ha sugerido que representa el mejor retrato de la actividad científica (Gilbert, 1991).

Respecto de la educación científica, hay un deslizamiento referido a la importancia atribuida al modelado en clase (Lawson, 1993; Thiele y Treagust, 1995; Galagovsky y Adúriz Bravo, 2001; Fernández, González y Moreno, 2005). Este corrimiento en lo pedagógico implica un cambio en la actividad docente ya que se necesita la elaboración, evaluación y aplicación de los modelos. También se requieren conocimientos acerca del desarrollo de los estudiantes y de la práctica diaria de los profesores (Lehrer y Schauble, 2000). 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). Los alumnos, cuanto más temprana es su edad, se aferran a medios cognitivos que les resultan familiares y tranquilizadores, como el tacto, el oído, el olfato y la visión. Estas aptitudes desarrollan su imaginación visual y formativa. Las aptitudes cognitivas que poseen definen su mundo, le otorgan sustancia y sentido.

Los estudiantes establecen modelos propios que les permiten explicar un sistema físico con representaciones analógicas. Pero la conceptualización teórica no se produce únicamente por la articulación del marco conceptual previo sino que puede incorporar, muchas veces a través de la instrucción, otros conceptos independientemente de los previos. Aún en dominios científicos hay diferencias ontológicas y epistemológicas entre modelos. Aquí es donde utilizamos la noción, introducida por Mortimer (1995),

de perfil conceptual, que establece que un único concepto puede estar disperso entre varios tipos de pensamiento y presentar también características ontológicas diversas, de modo que todo alumno puede poseer más de un modelo conceptual que podrá ser usado en contextos apropiados.

El entendimiento de los modelos teóricos se establece a través de procesos cognitivos que generan justificaciones y predicciones. Es central en el conocimiento científico la necesidad de entender situaciones causales y secuenciales. Esta actividad requiere de la elaboración de situaciones intermedias para reconstruirlos y reformularlos haciéndolos fructíferos. La reformulación y articulación de las representaciones se sustenta incorporando analogías. La elaboración de un modelo generativo partiendo de estados pro-generativos es intermediada por estructuras analógicas en paralelo con las representaciones existentes (Newton, 1996). Las analogías son centrales para el entendimiento y el razonamiento (de Jong, 1988; Goswami y Brown, 1990, Halford, 1993, Garnham y Oakhill, 1994) y entre las múltiples definiciones existentes podemos entenderlas como dispositivos didácticos facilitadores del aprendizaje de conceptos abstractos, los cuales utilizan conceptos y situaciones que tienen un claro referente en la estructura cognitiva de los alumnos; este referente se relaciona analógicamente con los conceptos científicos cuyo aprendizaje se requiere facilitar (Galagovsky y Adúriz Bravo, 2001).

La línea de investigación sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje científico basada en modelos ha adquirido relevancia (Duit, 1991; Dagher, 1995; Glynn, 1995; Fernández, Portela, González y Elortegui, 2001) pero notamos que son pocas las aplicaciones en el aula, sobre todo en el nivel medio de enseñanza.

Los modelos didácticos analógicos son una herramienta importante para la instrucción pero a condición de que el profesor y los alumnos adquieran una visión en común sobre el análogo y se describan sus limitaciones comparado con el modelo teórico. Se espera del alumno una toma de conciencia sobre sus procesos y eventos cognitivos para que pueda evaluar los progresos y resultados, comprendiendo su propia versión acerca de la naturaleza de su conocimiento y sobre el proceso de aprendizaje, es decir sobre sus esencias epistemológicas.

NUESTRO MODELO DIDÁCTICO ANALÓGICO

Introducción

En nuestra experiencia en el aula seguimos lo señalado por Brown y Clement (1989), que involucran al estudiante en el proceso de razonamiento analógico en un contexto de enseñanza interactiva en vez de presentar simplemente la analogía. Esta referencia nos plantea la vital importancia del contexto metodológico en el que se aplica la analogía en el aula. Podemos resumir su aplicación en el aula en las siguientes etapas que ponen en manifiesto el empleo pedagógico de una analogía, que cubre distintos aspectos metodológicos permitiendo fundamentalmente la participación del alumno en la creación de la misma asignándole un protagonismo activo.

- Planteo del problema.
- Discusión activa sobre el problema.

- Dramatización analógica.
- Introducción de imágenes visuales de los conceptos bajo estudio.
- Análisis de alcances y carácter predictivo.

Aplicación del modelo

- Planteo del problema: ¿cuál es el mecanismo de toda interacción?

En clase es de principal importancia realizar un análisis previo del concepto de interacción involucrado en el tercer principio de Newton, analizándose distintos tipos de ejemplos en los cuales quede en evidencia que el mecanismo de interacción entre dos cuerpos determina la existencia de fuerzas en la naturaleza. Las fuerzas de acción a distancia, como en el caso de la atracción gravitatoria, traen aparejada una dificultad conceptual adicional, el “agente transmisor” de dichas fuerzas. Esta dificultad hay que sortearla, y la utilización de una analogía puede ayudar a una correcta conceptualización.

- Discusión activa sobre el mecanismo: información y agente.

Partimos de un ejemplo que permite abordar la problemática de la interacción gravitatoria: la interacción entre la Luna y la Tierra. La pregunta instaurada en el aula es ¿cómo se entera la Luna de la presencia de la Tierra?. Esta pregunta permite abordar la problemática por parte del alumno en la necesidad de acceder a una relación de tipo causal e incorporarla a sus esquemas de razonamiento. A la luz de esta pregunta, se introduce la idea de la información que se debe transmitir, y el agente o mediador que debe controlar la interacción. Esto permite reconocer al agente de la interacción: el gravitón.

- Dramatización analógica del mecanismo: intercambio del agente.

La conceptualización del mismo es sustentada por un recurso didáctico, que consiste en una dramatización en la cual el profesor y el alumno intercambian una tiza tratando de mostrar un posible mecanismo de la interacción. Esta dramatización que se realiza en forma conjunta entre el docente y los alumnos, permite desarrollar una modelización que tiene en cuenta los conceptos de interacción, agente y campo.

- Introducción y construcción de imágenes visuales del mecanismo: representación del agente.

Esta etapa consiste en recurrir a imágenes visuales del mecanismo de la interacción gravitatoria que permiten desarrollar en el alumno una imagen del mecanismo de interacción, y la siguiente conceptualización:

- La masa es una característica intrínseca del cuerpo.
- El agente involucrado conduce a la idea de campo gravitatorio como un medio que provee el mecanismo de interacción.
- Toda interacción necesita la presencia de dos cuerpos (que intercambien el agente).

Las siguientes figuras son las que utilizamos en clase con los alumnos. En la Figura 1 se representa un modelo analógico para ser aplicado a un cuerpo que posee una cierta

masa. En él se modeliza su estructura interna (propia del cuerpo), su masa característica. Como agente de interacción se utiliza una representación similar a una medusa con sus tentáculos. En los tentáculos se ha caricaturizado al gravitón y se puede visualizar también que la distribución radial de los "tentáculos" nos permite introducir la idea de campo gravitatorio. En la Figura 2 se representa la interacción entre dos cuerpos, en particular se muestra a la Tierra interactuando con un cuerpo cualquiera, poniéndose de manifiesto la atracción mutua debido a que ambos comparten la misma propiedad: tienen masa. En la Figura 3 se representa a un cuerpo que interactúa con otros tres cuerpos a través del agente de interacción, el gravitón.

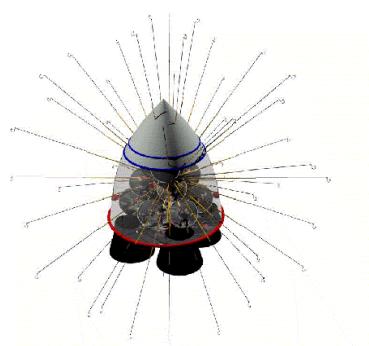


Figura 1.- Cuerpo que posee masa.

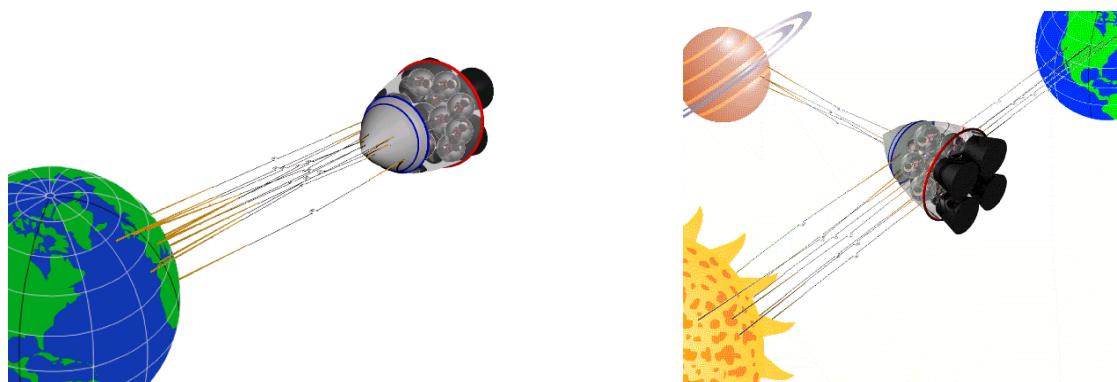


Figura 2.- Cuerpo en interacción con la Tierra.

Figura 3.- Varios cuerpos interactuando.

- Análisis de alcances: el carácter predictivo.

A la situación planteada de la interacción Luna-Tierra, la utilizamos para presentar la siguiente problemática en pos de analizar el carácter predictivo de la analogía: se le propone a los alumnos que imaginen que la Luna es tomada por King Kong y corrida un metro de su órbita. La Luna, inmediatamente registra el aumento de la distancia que la separa a la Tierra en un metro, y ajusta la fuerza de atracción con la Tierra de acuerdo con la ley de gravitación universal, pero ¿es instantánea la transmisión de la información?. Esta pregunta lleva a cuestionar el tercer principio de Newton en cuanto a lo instantáneo, y aún más profundamente acerca de su relación causal.

La dramatización realizada arrojando una tiza permite visualizar que variar la distancia entre el profesor y el alumno, dificulta el intercambio, y requiere un “ajuste” por parte del receptor al recibirla y volver a arrojarla. Este “ajuste” pone en evidencia que fue modificada la distancia y por lo tanto el intercambio es diferente. Si el profesor disminuye la distancia, el intercambio se hace más frecuente y la forma de recibir y arrojar debe sufrir un ajuste sustancial. Trabajando con dos tizas en forma simultánea, el profesor le arroja una al alumno y el alumno le arroja otra al profesor, si se consigue mantener esta situación con la habilidad del profesor y la del alumno, se verá claramente la existencia de un intercambio mutuo entre los dos cuerpos, y se notará la necesidad de un “ajuste” al momento de acortar o agrandar la separación entre los mismos.

La utilización de una analogía en el aula nos muestra en las distintas etapas propuestas la conceptualización del tema mediante un aprendizaje activo, en el cual el alumno incorpora mecanismos, que lo involucran en el proceso de razonamiento mediante situaciones que tienen un claro referente en su estructura cognitiva.

DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

Metodología didáctica

Partimos de la hipótesis según la cual el grupo instruido a través del modelo didáctico analógico conceptualizará mejor los conceptos de masa, peso y gravedad que el grupo instruido sin su utilización.

Participantes

Alumnos pertenecientes a dos cursos de primer año de una misma escuela de nivel polimodal con orientación en Economía y Gestión de las Organizaciones, (71 alumnos de edad comprendida entre 14 y 15 años), de la ciudad de Mar del Plata, cursando la asignatura Física correspondiente al plan de estudios para dicha orientación. Grupo A (experimental) formado por 35 alumnos y Grupo B (control) formado por 36 alumnos.

Diseño y procedimiento

El diseño de esta investigación corresponde al de un estudio correlacional, cuasiexperimental con prueba, posprueba y grupo control. El objetivo fue evaluar la efectividad del modelo propuesto para el estudio de los conceptos de masa, peso y gravedad.

Variables: La figura 4 muestra las relaciones entre la variable independiente y dependiente.

Para poder evaluar la efectividad del procedimiento empleado, en primer lugar fueron contrastados los dos grupos bajo estudio para lo cual se utilizaron la prueba “U” de Mann Whitney y la prueba “t” de student, a los efectos de determinar si las muestras son comparables.

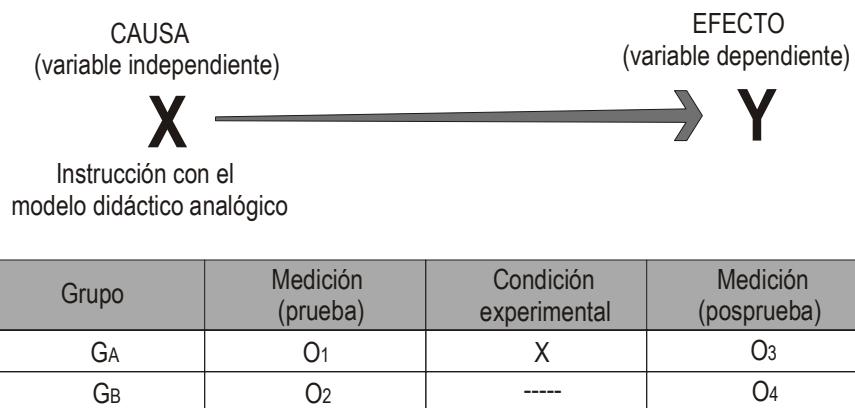


Figura 4.- Diseño y variables.

La prueba "U" fue aplicada a los promedios de calificaciones de los alumnos durante los primeros seis meses de clases (dos trimestres) en el cursado de la asignatura Física, planteando las siguientes hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 \rightarrow$ Hipótesis nula: no hay diferencia entre los dos grupos

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \rightarrow$ Hipótesis alternativa: existen diferencias entre los dos grupos

$\alpha = 0.05 \rightarrow$ Nivel de significancia

Para este valor de significancia, corresponde un valor crítico de $z = 1.96$.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos:

Grupo	"U" (de Mann Whitney)	μ_U	σ_U	Z
A experimental	544	630	86.95	
B control				-0.99

Tabla 1.- Aplicación de la "U" de Mann Whitney en calificaciones.

De los resultados obtenidos se corrobora la hipótesis nula, no habiendo diferencia entre los grupos.

Previo a la instrucción del tema, ambos grupos fueron evaluados con el mismo instrumento de lápiz y papel (ver [Anexo](#)), de forma tal de comparar estadísticamente la concepción que tienen los alumnos acerca de los conceptos en estudio: masa, peso y gravedad. Los resultados de esta preprueba fueron sometidos a la prueba "t" de student. En la tabla 2 se muestra el análisis de los resultados, donde se indican los grados de libertad y la probabilidad asociada, éstos muestran la validez estadística de la hipótesis según la cual ambos grupos no presentan diferencias significativas acerca de los conceptos en estudio.

Grupo	\bar{X} (Media)	"t" (de Student)	Grados libertad	p (nivel confianza)
A experimental	2.355			
B control	2.258	0.3612	60	< 0.001

Tabla 2.- Aplicación de la prueba "t" de Student en la preprueba.

En lo referente a la instrucción, el grupo A (grupo experimental) fue instruido con la aplicación del modelo didáctico analógico, mientras que el grupo B (grupo control) recibió una instrucción tradicional. Ambos grupos estuvieron a cargo del mismo profesor, durante igual período de tiempo (12 horas: equivalentes a 6 semanas de clase), el cual utilizó el mismo material didáctico en ambos grupos (guías de problemas, ejemplos de clase, y test de evaluación). La bibliografía de referencia utilizada por el profesor en cuanto a la preparación de las clases teóricas y la elaboración de la guía de problemas se basó en los textos de Alvarenga (1998), Hecth (1987), y Hewitt (1999).

Metodología de evaluación

Materiales y validación

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó un instrumento de lápiz y papel conformado por dos preguntas abiertas y siete de respuestas múltiples (ver [Anexo](#)), el cual fue previamente validado y utilizado en ambos grupos como preprueba y posprueba.

Recolección y organización de datos

Al finalizar la instrucción los alumnos de los grupos A y B (experimental y control) respondieron al cuestionario (posprueba) dentro de los respectivos horarios de clase, con una duración asignada de 30 minutos (dos meses después de la preprueba). Los datos recolectados se organizaron, para cada pregunta, en una matriz. El cuestionario fue ponderado sobre un total de 10 puntos. Cada pregunta del mismo, salvo las 7 y 9, tuvo asignado un valor de 1 punto en caso de ser correcta y 0 si resultó incorrecta, mientras que para las 7 y 9 fue asignada una puntuación de 1,5 para cada una. Respecto de las preguntas 3 y 6 que tienen varios apartados las mismas fueron evaluadas con una calificación de 0 (incorrecta) o 1 (correcta). Asimismo, las preguntas 7 y 9 de tipo abierto requirieron una evaluación particular para cada caso, de la cual resultó una calificación entre 0 y 1,5 de acuerdo con los objetivos esperados al desarrollo de los conceptos en clase.

Para analizar si la utilización de nuestro modelo didáctico analógico fue efectivo se empleó la prueba "t" de Student de comparación de medias para muestras relacionadas, con el objeto de evaluar estadísticamente la eficiencia de la utilización del modelo didáctico analógico. La comparación fue realizada tanto entre la preprueba y la posprueba para ambos grupos a los efectos de verificar que dicha comparación arroje un mejor resultado en el grupo experimental, y entre los resultados de la posprueba de ambos grupos con el objetivo de verificar una diferencia significativa entre los resultados.

RESULTADOS

Análisis de los resultados

Después de la enseñanza del tema y de la aplicación del test, se compararon los resultados entre el grupo cuyos alumnos fueron instruidos a través del modelo didáctico analógico y el grupo que recibió la enseñanza tradicional. Las tablas que se

presentan a continuación muestran los porcentajes de respuestas obtenidos para las preguntas del cuestionario que corresponden a cada uno de los conceptos involucrados.

Porcentaje de respuestas para las preguntas 2 y 8, correspondientes al concepto de masa.

P2	Masa	Grupo de alumnos % de respuestas				P8	Masa	Grupo de alumnos % de respuestas					
		A		B				A		B			
		PRE	POST	PRE	POST			PRE	POST	PRE	POST		
Tu masa corporal en la Luna respecto de tu masa corporal en la Tierra es						Su peso	La masa de un cuerpo es consecuencia de	13	7	10	10		
Igual	66	100	63	83		Su tamaño		17	0	20	20		
Mayor	0	0	0	7		La gravedad		3	0	3	3		
Menor	17	0	20	10		La cantidad de materia que posee		50	93	50	57		
Menor y cero porque en la Luna flotás	17	0	17	0		Su volumen		17	0	17	10		
Ninguna de las anteriores	0	0	0	0		Ninguna de las anteriores		0	0	0	0		
Cantidad total de alumnos N=62	31	31	31	31		Cantidad total de alumnos N=62		31	31	31	31		

Tabla 3.- Porcentaje de respuestas para el concepto de masa.

Porcentaje de respuestas para las preguntas 3 y 4, correspondientes al concepto de gravedad.

P4	Gravedad	Grupo de alumnos % de respuestas				P3	Gravedad	Grupo de alumnos % de respuestas					
		A		B				A		B			
		PRE	POST	PRE	POST			PRE	POST	PRE	POST		
La gravedad en la Tierra es consecuencia de						Existencia de gravedad en los siguientes lugares		93	97	92	93		
La atmósfera	70	32	70	30		En la Tierra		43	97	40	67		
Su peso	3	13	7	13		En la Luna		86	87	50	57		
Su masa	13	25	9	20		En un Planeta		63	77	50	60		
Su volumen	7	0	7	10		Dentro de un recipiente en que se ha.....		77	97	77	80		
Ninguna de las anteriores	7	30	7	27		En la cima de una montaña		47	90	47	70		
Cantidad total de alumnos N=62	31	31	31	31		En el fondo del mar		31	31	31	31		

Tabla 4.- Porcentaje de respuestas para el concepto de gravedad.

Porcentaje de respuestas para las preguntas 1, 5 y 6, correspondientes al concepto de peso.

P1	Peso	Grupo de alumnos % de respuestas				P5	Peso	Grupo de alumnos % de respuestas					
		A		B				A		B			
		PRE	POST	PRE	POST			PRE	POST	PRE	POST		
Tu peso en la Luna con respecto de tu peso en la Tierra es						El peso de un cuerpo es consecuencia de		7	0	10	0		
Igual	37	0	37	10		La atmósfera		33	77	30	43		
Mayor	3	0	3	7		La gravedad		30	0	30	10		
Menor	37	86	37	57		Del tamaño		23	0	20	10		
Menor y cero porque en la Luna flotás	20	14	20	26		El volumen		7	23	10	37		
Ninguna de las anteriores	3	0	3	0		Ninguna de las anteriores		31	31	31	31		
Cantidad total de alumnos N=62	31	31	31	31		Cantidad total de alumnos N=62							

P6	Peso	Grupo de alumnos % de respuestas				P6	Peso	Grupo de alumnos % de respuestas					
		A		B				A		B			
		PRE	POST	PRE	POST			PRE	POST	PRE	POST		
¿en qué lugar un cuerpo pesa?						En la Tierra	La gravedad	100	100	100	100		
En la Tierra	100	100	100	100		En la Luna	En un Planeta	43	80	40	53		
En la Luna	43	80	40	53		Dentro de un recipiente en que se ha...	En lugares donde hay ausencia de gra.	77	90	70	70		
En un Planeta	77	90	70	70		En el fondo del mar		23	0	20	10		
Dentro de un recipiente en que se ha...	77	87	77	63		Cantidad total de alumnos N=62		7	23	10	37		
En lugares donde hay ausencia de gra.	43	23	40	30				31	31	31	31		
En el fondo del mar	63	83	63	67									
Cantidad total de alumnos N=62	31	31	31	31									

Tabla 5.- Porcentaje de respuestas para el concepto de peso.

En la tabla 6 se muestra el análisis de los resultados, donde se indican los grados de libertad y la probabilidad asociada para la prueba "t" comparando la preprueba y la

posprueba en ambos grupos en forma independiente. Ambos resultados muestran la evolución de ambos grupos después de la instrucción. Sin embargo, se observa un mejor resultado para el grupo experimental.

Grupo A	\bar{X} (Media)	“t” (de Student)	Grados libertad	p (nivel confianza)
Preprueba	2.355			
Posprueba	5.935	10.009	60	< 0.001

Grupo B	\bar{X} (Media)	“t” (de Student)	Grados libertad	p (nivel confianza)
Preprueba	2.258			
Posprueba	4.258	5.665	60	< 0.001

Tabla 6.- Aplicación de la “t” de Student entre preprueba y posprueba.

En la tabla 7 se muestra el análisis de los resultados, donde se indican los grados de libertad y la probabilidad asociada para la prueba “t” comparando la posprueba en ambos grupos. Para un nivel de significancia de 0.001 y 60 grados de libertad corresponde un valor para “t” de 3.232. El valor obtenido de la comparación nos muestra que se confirma la hipótesis de que existen diferencias significativas entre el grupo experimental respecto del grupo control.

Grupo	\bar{X} (Media)	“t” (de Student)	Grados libertad	p (nivel confianza)
A experimental	5.935			
B control	4.258	3.9477	60	< 0.001

Tabla 7.- Aplicación de la “t” de Student para posprueba.

En ambos casos se observa la validez estadística de la hipótesis según la cual el grupo que recibió la instrucción a través del modelo didáctico analógico obtendría resultados más propicios en cuanto a la modelización teórica de los conceptos masa, peso y gravedad.

Los resultados nos muestran que en los alumnos prevalece la idea 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. Otro resultado sugiere que la Luna no tiene gravedad debido a la ausencia de atmósfera, estableciéndose aquí una relación de tipo causal directa entre la existencia de atmósfera y gravedad. Asimismo, se afirma en situaciones similares, que en el vacío no hay gravedad. Es interesante notar que la asociación vacío-no gravedad está presente en los casos en que se asocia menor gravedad con una atmósfera más tenue, supuesta en la Luna, como caso límite de la anterior asociación vacío-no gravedad (es decir la cantidad o densidad de atmósfera graduaría la cantidad de gravedad).

CONSIDERACIONES FINALES

La analogía brinda al alumno la posibilidad de establecer una relación causal de los conceptos involucrados, que lleva asociada una mejor comprensión del formalismo matemático involucrado.

La representación interna que se genera en la mente del alumno a partir del estímulo externo que provoca el profesor, es el contexto en el que hemos de situarnos si se pretende comprender los mecanismos del razonamiento analógico, sus virtudes y dificultades.

Es habitual que, al hablar de analogías, el profesor se refiera más al estímulo externo que al proceso mental. De hecho, un compromiso expreso con la segunda acepción llevaría a la necesidad de implicar al alumnado en la construcción de la analogía y, con ello, a concederle un papel activo durante el aprendizaje a través de la misma.

En contraste, en muy pocos casos la analogía se plantea en la práctica docente bajo un formato que favorezca o fomente dicho papel activo ya que se recurre escasamente a la realización de actividades como vías alternativas para la construcción de la analogía; por ejemplo, promoviendo que los alumnos ideen sus propias analogías, las utilicen para hacer predicciones, o descubran y expliquen la analogía de fondo tras las metáforas que se emplean.

La experiencia en la enseñanza de los conceptos de masa, peso y gravedad nos muestra la dificultad que encierran en su correcta conceptualización. Son conceptos que no se derivan de sí mismos y requieren la construcción de modelos por parte de los alumnos que les permitan aproximarlos a los modelos teóricos utilizados por la ciencia. Hemos comprobado que la utilización de un modelo analógico facilita abordar las distintas facetas, asignándoles un verdadero carácter ontológico y un marco formal adecuado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÚRIZ BRAVO, A. y GALAGOVSKY, L. (1997). Modelos científicos y modelos didácticos en la enseñanza de las ciencias naturales. *Actas X REF 1c 05*.
- ALVARENGA ALVAREZ B. (1998). *Física General*. Editorial Oxford University Press.
- BERG, T. y BROUWER, W. (1991). Teacher awareness of student alternative conceptions about rotational motion and gravity. *Journal of Research in science teaching*, 28(1), 3-18.
- BLACK, M. (1962). *Models and metaphors*. Ithaca, N.Y., Cornell University Press.
- BROWN, D.E. y CLEMENT, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Siente*, 18, 237-261.
- BUNGE, M. (1978). *Filosofía de la Física*. Barcelona: Editorial Ariel.
- CAMINO, N. y MARTÍNEZ, J.M. (2005). Algunas concepciones sobre la gravedad en la luna. *Memorias REF 14 (Reunión de Educadores en Física)*. San Carlos de Bariloche. Argentina.
- CLEMENT, J. (1982). Students' preconceptions in Introductory Mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66-71.

- DAGHER, Z.R. (1995). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, 79(3), 295-312.
- DE JONG, G. (1988). An introduction to explanation based learning. En H. E. Shrobe (Ed.), *Exploring artificial intelligence*. San Mateo, Morgan Kauffman.
- DUIT, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science, *Science Education*. 75 (6), 649-672.
- FERNÁNDEZ, J.; PORTELA, L.; GONZÁLEZ, B. y ELORTEGUI, N. (2001). Las analogías en aprendizaje de la Física en Secundaria. *Actas I Congreso Nacional de Didácticas Específicas*, Granada, 1901-1914.
- FERNÁNDEZ, J.; GONZÁLEZ, B. y MORENO, T. (2005). La modelización con analogías en los textos de ciencias de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 430-439.
- GALAGOVSKY, L. y 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.
- GARNHAM, A. y OAKHILL, J. (1994). *Thinking and reasoning*. Oxford, Blackwell.
- GIERE, R.N. (1990). *Explaining science*. Chicago, University of Chicago Press.
- GILBERT, S. (1991). Models building and a definition of science. *Journal and Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- GLYNN, S. (1995). Conceptual bridges, Using analogies to explain scientific concepts. *The Science Teacher*, 69(9), 25-27.
- GOSWAMI, U. y BROWN, A.L. (1990). Melting chocolate and melting snowmen: analogical reasoning and causal relations. *Cognition*, 35(1), 69-95.
- GUNSTONE, R.F. y WHITE, R. (1981). Understanding of gravity. *Science education*, 65(3), 291-299.
- HALFORD, G. S. (1993). *Children's understanding*. Hillsdale, N. Y., Lawrence Erlbaum.
- HECHT, E. (1987). *Física en perspectiva*. Colombia: Ed. Addison – Wesley – Iberoamericana.
- HESSE, M. (1966). *Models and analogies in science*. London, Sheen and Ward.
- HEWITT P.G. (1999). *Física Conceptual*. México: Ed. Addison – Wesley – Longman.
- LAWSON, A.E. (1993). The importance of analogy: A prelude to the issue. *Journal and Research in Science Teaching*, 30, 1213-1214.
- LEHRER, R. y SCHAUBLE, L. (2000). Modeling in mathematics and science. In R., Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology*. Mahwah, N. Y., Laurence 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.
- MORTIMER, E. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science and Education*, 4, 267-285.
- NEWTON, D.P. (1996). Causal situations in science: Model for supporting understanding. *Learning and Instruction*, 6(3), 201-217.
- NOCE, G.; TORO SANTUCCI, G. y VICENTINI, N. (1986). Peso, aria e gravitá: rappresentazioni mentali a vari livelli di età. *La Física nella Scuola XIX*, 4, 242-251.

- PALMER, D. (2001). Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. *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.
- RIBEIRO AMARAL, E. y MORTIMER, E.F. (2004). "Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de Química". *Educación Química*. 15(3), 218-233.
- THIELE, R.B. y TREAGUST, D. F. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17, 783-795.
- WATTS, D.M. (1982). Gravity - don't take it for granted! *Physics Education*, 17, 116-121.

ANEXO

CUESTIONARIO: MASA, PESO y GRAVEDAD

Para responder este cuestionario tenga en cuenta la siguiente consideración:

- Las preguntas 7 y 9, desarróllelas en la parte de atrás de esta hoja.

1.- Tu peso en la Luna con respecto de tu peso en la Tierra es:

- a) igual
- b) mayor
- c) menor
- d) menor y vale cero porque en la Luna flotás
- e) ninguna de las anteriores

2.- Tu masa corporal en la Luna respecto de tu masa corporal en la Tierra es:

- a) igual
- b) mayor
- c) menor
- d) menor y cero porque en la Luna flotás
- e) ninguna de las anteriores

LUGAR	¿Hay gravedad?	
	SI	NO
En la Tierra	•	
En la Luna	•	
En un Planeta	•	
Dentro de un recipiente en que se ha hecho vacío y que se encuentra sobre la superficie terrestre	•	
En la cima de una montaña	•	
En el fondo del mar	•	

3.- Indique con una cruz respecto de la existencia de gravedad en los siguientes lugares:

4.- La gravedad de la Tierra es consecuencia de:

- a) la atmósfera
- b) su peso
- c) su masa
- d) su volumen
- e) ninguna de las anteriores

5.- El peso de un cuerpo es consecuencia de:

- a) la atmósfera
- b) la gravedad
- c) del tamaño
- d) el volumen
- e) ninguna de las anteriores

LUGAR	¿Pesa un cuerpo?	
	SI	NO
En la Tierra	•	
En la Luna	•	
En un Planeta	•	
Dentro de un recipiente en que se ha hecho vacío y que se encuentra sobre la superficie terrestre	•	
En lugares donde hay ausencia de gravedad		•
En el fondo del mar	•	

6.- Indique con una cruz ¿en qué lugares un cuerpo pesa?

7.- Defina con sus palabras en no más de 3 renglones qué entiende por MASA y PESO.

8.- La masa de un cuerpo es consecuencia de:

- a) su peso
- b) su tamaño
- c) la gravedad
- d) la cantidad de materia que posee
- e) su volumen
- f) ninguna de las anteriores

9.- Realice un dibujo esquemático de un cuerpo en donde se pueda visualizar gráficamente lo que usted entiende por MASA y PESO del cuerpo.

SUMMARY

The line of investigation on the processes of education and scientific learning based on analogical models has acquired relevance, but we noticed that the applications in the classroom are few, mainly in the middle level of education. The analogical didactic models are an important tool for instruction provided that the teacher and the pupils acquire a shared vision on the analogies and their described limitations compared with the theoretical model. The learner is expected to be aware of his mental processes and cognitive operations, so that he can evaluate his own progress, including an understanding of his own learning process, that is to say, of his epistemological essences. In this work the efficiency of an analogical didactic model for the teaching of the mass, weight and gravity concepts is evaluated by means of a correlation quasi-experimental study, with posttest and group control.

Key words: *active learning; teaching strategies; mass; weight and gravity; analogical models.*