

## ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA MODELIZACIÓN DEL FENÓMENO DE MOVIMIENTO CON ALUMNOS DE SEGUNDO DE SECUNDARIA

---

MARÍA NORI MENDOZA HERNÁNDEZ/ CLAUDIA LÓPEZ BECERRA  
Secretaría de Educación Pública/ Universidad  
Pedagógica Nacional

**RESUMEN:** Uno de los problemas más comunes en la enseñanza de la física es el de las ideas previas sobre movimiento que poseen los estudiantes de secundaria. La revisión de la bibliografía muestra que los estudiantes conciben a las fuerzas como algo intrínseco de los cuerpos; como “algo” que poseen los cuerpos y se agota a lo largo del; por lo que tienen como referente una mecánica aristotélica y no una mecánica newtoniana, aunado a esto se encuentra la enseñanza tradicional que permea a la mayoría de los docentes y dificulta que los estudiantes comprendan el fenómeno.

Por lo anterior y para proveer de un recurso para apoyar la enseñanza de la física se diseñó e implementó una estrategia didáctica basada en la modelización en el enfoque epistemológico constructivista, el que consideramos mucho más potente que el derivado del cambio conceptual.

Para lograr el diseño de la estrategia se estructuró un modelo cognitivo inferido de las ideas previas de los estudiantes reportadas en la literatura, así como analizando el programa de ciencias de secundaria (2006) e inferir el modelo curricular, para posteriormente contrastarlo con el modelo científico erudito (mecánica newtoniana) generando así un modelo científico escolar de ciencia sobre el fenómeno de movimiento.

Los resultados de la implementación de la estrategia y el análisis de los datos obtenidos permiten concluir que aunque los modelos construidos por los estudiantes no sean los construidos por los científicos, el modelo inicial de los estudiantes evolucionó a uno más cercano al modelo científico.

**PALABRAS CLAVE:** Constructivismo,  
Modelización, Fuerza, Movimiento y  
Estrategia

## Introducción

Los estudiantes generalmente piensan que la “fuerza” es algo que hace que sucedan las cosas o que provoca cambios. En sus descripciones de esta palabra usan frecuentemente palabras relacionadas como energía, impulso, presión, potencia y resistencia (Watts, 1983) como sinónimos, confiriéndoselas a los cuerpos como propiedades de éstos. También asocian el concepto de fuerza a las acciones activas, pero no asocian el concepto de fuerza a las acciones pasivas, no consideran a la fuerza como una interacción sino simplemente como algo que produce movimiento. Consideran que si un cuerpo está en reposo, sobre él no está actuando fuerza alguna. Esta tendencia de los estudiantes conduce a dificultades considerables en el aprendizaje, particularmente en apreciar la naturaleza abstracta de estos conceptos y sus relaciones con otros conceptos (Giorgi, Concari y Pozzo, 2005).

Entender y manejar aceptablemente el concepto de fuerza, implica hacerlo dentro de un cuerpo global y coherente de conocimientos (en este caso la Mecánica), dándose cuenta de la potencia de los nuevos conceptos, cuando estos son utilizados para enfrentarse con éxito a muchas de las situaciones novedosas que puedan plantearse (White y Gunstone, 1992).

Las ideas previas que poseen los alumnos son análogas a las reflexiones aristotélicas del movimiento en sentido estricto. La semejanza entre las ideas previas de los estudiantes y las concepciones pre-clásicas no puede ser accidental, sino el resultado de una forma análoga de abordar los problemas. Si las ideas previas de los estudiantes son aristotélicas, como parece serlo por lo reportado en la literatura, y por lo tanto los modelos iniciales de los estudiantes corresponden a un modelo aristotélico, se plantea la interrogante:

¿Es posible mediante una intervención didáctica basada en la modelización acercar los modelos iniciales de los estudiantes a modelos más cercanos a los científicos?

La actual propuesta curricular en nuestro país considera que las ciencias deben formar parte del currículo porque los ciudadanos del siglo XXI deberán analizar situaciones y tomar decisiones sobre asuntos que tienen que ver con conocimientos científicos o bien con habilidades técnicas. Desde este enfoque resulta incoherente mantener la enseñanza

tradicional que ha priorizado la acumulación de contenidos conceptuales en la mente de los alumnos y ha tratado de que el estudiante asimile de una forma receptiva y pasiva estructuras conceptuales previamente organizadas. Por el contrario, implica promover un modelo de enseñanza que ayude a las alumnas y alumnos a desarrollar una comprensión más coherente, flexible, sistemática y principalmente crítica.

Para la didáctica de la ciencia implica poner el centro de actividad escolar en la construcción de modelos, que como fuentes depositarias de analogías y metáforas, sirven para conocer algo de lo nuevo a partir de lo ya conocido. Pensar a través de modelos posibilita establecer relaciones entre lo real y lo construido y desarrollar una visión multicausal a partir de considerar más de una variable, todo ello con la finalidad de poder predecir y explicar (García y Sanmartí, 2006).

Izquierdo, Espinet, García, Pujol, y Sanmartí (1999) proponen que los dos conceptos relevantes para orientar la tarea de los docentes son, por un lado el aprendizaje significativo, entendido éste como un aprendizaje que tenga sentido para los alumnos y por otra parte la transposición didáctica (Chevallard, 1980), este último con el propósito de reconciliar el que los conocimientos deban tener sentido para los estudiantes en articulación con los conocimientos científicos.

Es por esta razón que es necesario diseñar una estrategia que permita abordar el tema de la mecánica y que esté fundamentada en la modelización.

## Objetivos

### General

Diseñar, implementar y evaluar una estrategia didáctica para la construcción de un modelo científico escolar del movimiento en alumnos de secundaria.

### Específicos:

- Revisar y analizar las ideas previas reportadas en la literatura acerca del movimiento que poseen los alumnos de secundaria.

- Inferir un modelo inferido a partir del análisis de las ideas previas acerca de fuerza y movimiento que poseen alumnos de secundaria reportadas en la literatura (Modelo cognitivo).
- Analizar los aprendizajes esperados establecidos en los planes y programas de la SEP para explicitar un Modelo Curricular.
- Analizar el modelo científico contenido en la mecánica newtoniana (Modelo Científico Erudito).
- Contrastar el Modelo Cognitivo (inferido de las ideas previas), el Modelo Curricular (inferido de los planes y programas de la SEP), así como el Modelo Científico Erudito para obtener un Modelo Científico Escolar de Arribo (López-Mota, 2011).

## Contenido

### 6.1 Modelo Científico Escolar de Arribo

A partir del análisis de las ideas previas reportadas en la literatura, fue posible obtener el *modelo cognitivo* de los estudiantes. De igual manera, del análisis de los planes y programas de la SEP (2006), específicamente del análisis de los aprendizajes esperados se obtuvo el *modelo curricular*, y finalmente del análisis de la literatura sobre mecánica newtoniana se obtiene el *modelo científico erudito*. Al contrastar dichos modelos, y esto es, identificando los elementos que cada uno posee, las relaciones entre los elementos, así como las condiciones bajo las cuales es posible se presente el fenómeno de movimiento fue posible obtener el *modelo científico escolar de arribo*.

La comparación de los elementos, relaciones y las condiciones de los tres modelos que permiten construir el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) se puede observar en la Tabla 1. Dicho modelo permitió el diseño de la estrategia didáctica (Tabla 2).

La estrategia didáctica está organizada en fases -inicio, desarrollo y cierre- de acuerdo con la secuenciación de unidades didácticas propuestas por Sanmartí (2002), que incluyen actividades de exploración, de introducción de nuevos puntos de vista para la modelización, de síntesis y de aplicación y generalización de los modelos construidos.

En las **actividades de exploración** se plantean situaciones concretas y cercanas a los intereses de los alumnos, así como socialmente relevantes. Con este tipo de actividades se pretende conocer las ideas previas que los estudiantes tienen acerca del fenómeno del

movimiento-al evidenciarlas en el inicio de estrategia didáctica-, así como el que los estudiantes se hagan una representación inicial.

Las subsiguientes actividades, pretenden ser parte del proceso medular de la estrategia didáctica, en las que los estudiantes realizan una serie de actividades experimentales que permitan la construcción y evolución de modelos para comprender y explicar el fenómeno de movimiento. Para ello, se realizan actividades que introduzcan nuevos puntos de vista, así como de síntesis, que posibilitan la confrontación de las ideas de los alumnos, y el uso de analogías y de estrategias metacognitivas.

Con las actividades de **Introducción nuevos puntos de vista** se pretende favorecer que el estudiante pueda construir ideas coherentes con las aceptadas por la ciencia. Estas ideas configuran modelos de ciencia escolar, que pueden ir evolucionando a lo largo de su formación académica. En estas actividades se introducen elementos presentes en el modelo científico escolar de arriba que no estaban presentes en el modelo inicial de los estudiantes

Las actividades de **Síntesis** tienen como propósito que los estudiantes tomen conciencia del modelo construido y sean capaces de expresarlo de la forma más abstracta posible.

En todas las fases y, en especial en la de cierre, se evalúa el aprendizaje de los alumnos. Es decir, si se llevó a cabo, por parte de los estudiantes, la construcción y posible transformación de modelos científicos escolares respecto del fenómeno de movimiento. Para ello, se diseña y aplica un instrumento que nos dé evidencias de esta transformación, al lograr transferirla a situaciones diferentes a las planteadas en el salón de clases, es decir se realizan actividades de aplicación y generalización de los modelos construidos en clase.

Con las actividades de **Aplicación y Generalización** se pretende ampliar el campo de situaciones y fenómenos que se pueden explicar con el modelo construido inicialmente y así favorecer su evolución.

Bajo esta secuenciación para las actividades didácticas se procedió a pilotear la estrategia en la Secundaria 266 "TEOTIHUACAN" turno matutino ubicada en el Distrito Federal.

Mediante las actividades de exploración se logró conocer las ideas previas sobre movimiento, encontrándose que no difieren de lo reportado en la literatura en diferentes niveles educativos (primaria, secundaria, bachillerato y licenciatura). A partir de las cuáles fue posible inferir tres modelos presentes en los estudiantes, estos no difieren tampoco de los modelos construidos históricamente: los cuerpos se mueven *per se*, la fuerza es una propiedad intrínseca de los cuerpos y se establece una relación de proporcionalidad entre la velocidad y la fuerza, la fricción está ausente (Tabla 3).

Con las actividades de introducción de nuevos puntos de vista se lograron introducir los elementos ausentes en los modelos iniciales de los estudiantes, como la fricción y la aceleración. La lectura “Qué es la ciencia” permitió que la inercia apareciera como un elemento presente en las explicaciones acerca del movimiento. Si bien es cierto que no todos los estudiantes hacen uso explícito del término de fricción, sí logran identificar que al variar las condiciones de la superficie sobre la cual se desplaza un cuerpo, el movimiento de éste también se modifica. La implicación de esto es que dejan de atribuirle a la fuerza propiedades intrínsecas del cuerpo mismo. El otro elemento, la aceleración, también se hace presente en las explicaciones de los estudiantes, con lo cual se logró que los estudiantes incorporaran a sus modelos intermedios la relación de proporcionalidad entre la fuerza y la aceleración, tal como está propuesto en el modelo científico escolar de arriba. Con esto se logró que los modelos alcanzados por los estudiantes, si bien no es el propuesto por la Ciencia-pues son modelos construidos por los propios estudiantes-incorporaran algunos elementos planteados por la disciplina científica. Aunque aún distan mucho de parecerse al modelo científico, evolucionaron a otros más cercanos al modelo propuesto: el Modelo Científico Escolar de Arriba (Tabla 4).

Mediante la estrategia didáctica los estudiantes fueron capaces de transferir los modelos construidos, pues lograron explicar el por qué no necesitan depósitos enormes de combustible los cohetes al viajar en el espacio, pues en sus explicaciones figura la inercia, lo cual da cuenta de la Aplicación y Generalización de los Modelos construidos por lo estudiantes.

## Conclusiones

A partir del análisis de los resultados y de los modelos construidos por los estudiantes en las diferentes etapas de la estrategia didáctica aquí presentada, se puede concluir que no todos los estudiantes logran alcanzar el Modelo Científico Escolar de Arribo. Sin embargo sí se logró que los modelos iniciales evolucionaran a uno más cercano a éste.

A pesar de que las investigaciones sobre ideas previas acerca de fuerza y movimiento han sido exhaustivamente abordadas, la manera propuesta en este trabajo, la modelización, es una forma completamente innovadora pues no se encuentra en la literatura ningún trabajo en donde se aborde de esta manera.

La estrategia planteada brinda otro significado a la forma en cómo tradicionalmente es concebido el proceso de enseñanza y la postura de aprendizaje asignada a los estudiantes, pues la enseñanza tradicional en física se ha basado más en aplicación de fórmulas y aprendizaje memorístico de conceptos más que en el análisis y construcción activa de representaciones

Al hacer una evaluación general, la modelización es una forma diferente y útil de abordar este problema de aprendizaje Sin embargo, en tanto los profesores no cambiemos la conceptualización misma de la enseñanza hacia un proceso de construcción social y la de aprendizaje misma, así como nuestra visión de la naturaleza de la ciencia, las estrategias didácticas serán de poca utilidad.

## Referencias

- Carracosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte II). El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 2(3), 388-402.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1996). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 109-120.
- Fyenman, R.P. (1996). En *Lecturas La enseñanza de la Física en la escuela secundaria*. Programa Nacional de actualización docente, pp. 101-108.
- García, M. y Sanmartí, N. (2006). La modelización: una propuesta para repensar la ciencia que enseñamos. En M. Quintanilla y A. Adúriz-Bravo (Eds.). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. (pp.279-297). Ediciones Universidad Santiago de Chile: Santiago de Chile.
- Giorgi, S., Concari, S y Pozzo, R., (2005). Un estudio sobre las investigaciones acerca de las ideas de los estudiantes en fuerza y movimiento. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, p. 83-95, 2005.
- Gunstone, R. F. & Watts, D.M. (1985) Force and motion. En R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 84-104). Milton Keynes, Philadelphia: Open University Press.
- Izquierdo-Aymerich, M., Aduriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27-43.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M.P., Pujol, R.M. y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra, 79-91.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*. 17(1), 45-59.
- López-Mota, A. D. (2011). *Una Nueva Forma de Aproximarse al Diseño y Prueba de Estrategias Didácticas*. Conferencia presentada en la IX Reunión Nacional de UPN Natura Red, Pachuca, 23 de septiembre, (paper).
- Sanmartí, N. (2002)., *didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*, . Madrid: Síntesis Educación.
- Sanmartí, N. y Izquierdo M. (1997). Reflexiones en torno a una ciencia

escolar. Investigación en la escuela, 32,pp.51-62.

SEB/SEP (2006). *Educación Básica. Secundaria. Ciencias. Programas de estudio 2006*. México, D. F.: SEP.

Watts, M. (1983). A study of schoolchildren's alternative frameworks of the concept of force. *European Journal of Science Education*, 5(2), 217-230.

Tabla 1. Elementos, relaciones y condiciones del Modelo Científico Escolar de Arribo

Elementos	Relaciones	Condiciones
Objetos (masas)	Equilibrio	Sistemas de referencia (estado de movimiento o de reposo)
Velocidad	Interacción. La fuerza es una idea que describe la interacción entre cuerpos.	Intervalos de tiempo
Aceleración		
Superficies	Proporcionalidad entre la intensidad de la interacción entre los cuerpos (fuerza) y la aceleración, tanto en dirección como en magnitud	Masas constantes

Tabla 2 Descripción sintética de la Estrategia Didáctica

Fase	Propósitos	Actividades	Sesiones
Exploración	Evocación de ideas previas sobre fuerza y movimiento.	1.-Cuestionario 2.-Presentación del video "Marcos de referencia"	2
	Construcción de la primera representación del movimiento	3.-Discusión guiada con preguntas que propicien la discusión. 4.- Actividad experimental 1	

		5.- Actividad demostrativa	
		6.- Lectura del fragmento ¿Qué es la ciencia?	
		7.-Discusión guiada con preguntas que propicien la discusión.	
Introducción a nuevos puntos de vista	Incorporar elementos presentes en el MCEA: fricción y aceleración	1.-Actividad experimental 2. 2.- Presentación de situación hipotética 3.- Discusión guiada con preguntas que propicien la discusión. 4.- Actividad experimental 3. 5.- Discusión guiada con preguntas que propicien la discusión. 6.- Promocional de autos	3
Síntesis	Con los elementos incorporados construir un modelo que explique las causas y efectos del movimiento, a su vez que la fuerza es proporcional a la aceleración.	1.-Actividad experimental 4 2.- Discusión guiada con preguntas que propicien la discusión.	2
Generalización	Aplicación del modelo construido en otras situaciones distintas a las vistas en clase	Utilización del modelo construido para explicar el despegue de un cohete espacial y su movimiento en el espacio	

**Tabla 3 Modelos Iniciales-Modelo Cognitivo**

<b>Modelo</b>	<b>Elementos</b>	<b>Relaciones</b>	<b>Condiciones</b>
Cognitivo	Objetos (pesos) Fuerza Velocidad	<b>Proporcionalidad:</b> entre velocidad y fuerza  <b>Equilibrio</b> En cuerpos en reposo no actúan fuerzas.	<b>Propiedad</b> : Los cuerpos poseen fuerza interna
Inicial 1	Cuerpos Fuerza velocidad	<b>Proporcionalidad</b> entre fuerza y velocidad  <b>Equilibrio</b> En cuerpos en reposo no actúan fuerzas.	<b>Propiedad</b>
Inicial 2	Sin elementos	Sin Relaciones	<b>Propiedad</b>
Inicial 3	Cuerpos Velocidad Superficie	<b>Interacción:</b> La superficie juega un papel importante.  <b>Proporcionalidad</b> entre fuerza y velocidad	<b>Ausencia de fricción</b>

**Tabla 4 Modelos Alcanzados-MCEA**

<b>Modelo</b>	<b>Elementos</b>	<b>Relaciones</b>	<b>Condiciones</b>
Científico Escolar de Arribo	Objetos	<b>Interacción.</b> La fuerza es una idea que describe la interacción entre cuerpos.	Sistemas de referencia (estado de movimiento o de reposo)
	Velocidad		
	Aceleración	<b>Proporcionalidad</b> entre fuerza y aceleración.	Intervalos de tiempo
	Superficies	Equilibrio	Masas constantes
Alcanzado 1	Cuerpos	<b>Interacción</b> La superficie juega un papel importante (fricción)	Intervalos de tiempo
	Superficies		
	Velocidad	<b>Proporcionalidad</b> entre fuerza y velocidad	Masas constantes Ausencia de fricción
		<b>Equilibrio</b> En cuerpos en reposo no actúan fuerzas.	
Alcanzado 2	Cuerpos	<b>Interacción:</b> La superficie juega un papel importante (fricción)	Intervalos de tiempo
	Superficies		
	aceleración	<b>Proporcionalidad</b> entre la fuerza y la aceleración	Masas constantes Ausencia de fricción