

# RELACIONES CONCEPTUALES EN EL USO DE MBL PARA EL ESTUDIO DEL MOVIMIENTO

**SÁEZ, MARCEL·LA; PINTÓ, ROSER y GARCÍA, PILAR**

Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica (CRECIM)  
Universitat Autònoma de Barcelona.

**Palabras clave:** MBL; Gráficas; Dinámica; Cinemática; Organización del conocimiento.

## OBJETIVOS Y MARCO TEÓRICO

Desde el desarrollo del sistema MBL (Microcomputer Based Laboratory) en la década de los 80 hasta la actualidad, la eficacia de su uso ha sido objeto de numerosos estudios. Muchos investigadores han manifestado que el uso del MBL para el trabajo experimental en clase presenta ventajas con respecto a las prácticas convencionales, debido a diferentes razones (rapidez en la captación de los datos, feedback inmediato, etc). Unos han analizado las ventajas de la simultaneidad en la obtención de la gráfica mientras el fenómeno físico se produce, otros la mejora en las habilidades para la interpretación de gráficas que supone el uso de esta tecnología o las capacidades de razonar o la mejora del perfil conceptual de un grupo clase, o su eficacia para ayudar a la comprensión conceptual, etc. Otros estudios han puesto de manifiesto el problema epistemológico de diferenciar entre gráficas reales de movimientos reales y gráficas ideales de los mismos movimientos o han propuesto nuevas estrategias de enseñanza para un aprendizaje constructivista.

Una parte importante de la investigación en este campo se ha focalizado alrededor del aprendizaje de conceptos de cinemática y de las dificultades de los estudiantes para relacionar las magnitudes cinemáticas (velocidad, aceleración) con las gráficas que el ordenador nos puede proporcionar. Pocos estudios en relación con el MBL (Lapp & Cyrus, 2000) enfatizan la importancia de relacionar los conceptos físicos o las gráficas de movimiento con el mundo real que la Física pretende modelizar mediante tales conceptos y tampoco la relevancia de la interrelación (Fig 1).

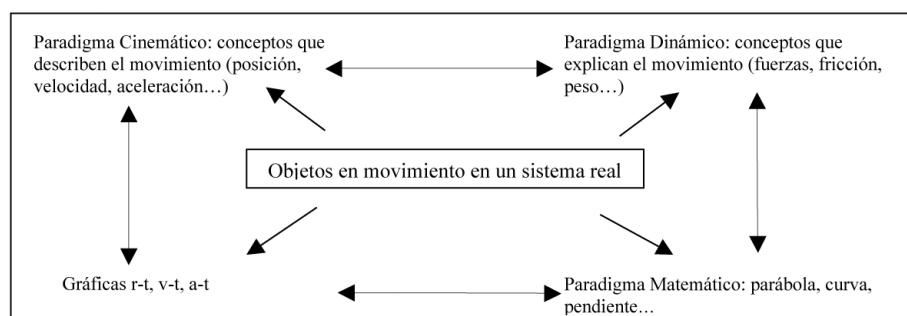


FIGURA 1

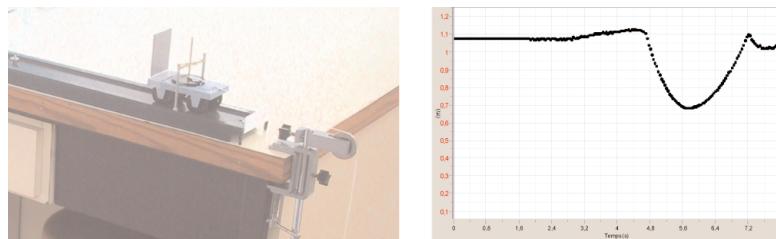
Sin embargo, un aprendizaje real ha de permitir que los alumnos se muevan de un paradigma cinemático a otro dinámico o icónico con poca dificultad y partiendo de unas ideas centrales. Como dice Bransford (2000), los expertos resuelven los problemas no sólo con un listado de hechos y fórmulas que son relevantes dentro de un único dominio, como hacen los no expertos, sino que su argumentación muestra que su conocimiento está organizado alrededor de un ‘núcleo de conceptos’ o ‘grandes ideas’ que son los que guían sus razonamientos a través de los distintos dominios.

La sospecha que la interrelación entre evolución de un sistema real, conceptos físicos (cinemática) y gráficas que describen tal evolución, elementos matemáticos para la descripción y conceptos físicos que lo explican (dinámica) no se establece fácilmente y la convicción de que es necesaria para la auténtica comprensión del fenómeno físico, nos ha llevado al estudio que aquí presentamos. Las preguntas de investigación que nos formulamos son:

- ¿Desde qué paradigma argumentan la forma de una gráfica del movimiento a partir de la observación del sistema real que la produce?
- ¿Qué relaciones establecen entre los paradigmas para explicar la forma de esta gráfica?

## METODOLOGIA

El estudio se ha realizado a partir de los datos obtenidos en 8 grupos de alumnos (205 alumnos) de 1º o 2º de Bachillerato de diversos centros públicos de secundaria y que acaban una sesión de 4 horas en un laboratorio de la Universidad, dedicada fundamentalmente a utilizar MBL entorno a la cinemática del movimiento en el plano. El estudio del movimiento realizado previamente en sus centros puede comprender entre 10 y 20 horas. A lo largo de la sesión, y siguiendo un ciclo de aprendizaje para el trabajo de laboratorio (Pintó et al, 2003), han estado capturando datos con un sensor de posición y analizando gráficas, recortándolas y ajustándolas a curvas polinómicas, etc.. El objeto en movimiento es un carrito que se desplaza sobre un carril después de haber sido lanzado con una goma elástica. Vuelve a su posición inicial mediante un contrapeso atado al carrito con una fina cuerda que pasa por una polea.



La gráfica posición-tiempo del movimiento del carrito podemos analizarla en tres partes: el primer tramo de la gráfica corresponde al momento en que el carrito se aleja del sensor (el carrito se estira hacia atrás para iniciar el lanzamiento). A la derecha una parábola, de arcos no simétricos, es el resultado del movimiento de ida y de retroceso. Finalmente se pueden detectar los rebotes del carrito al chocar con la goma elástica, en su movimiento de retorno.

La percepción del trabajo realizado y el grado de comprensión de los alumnos del estudio se evalúan a partir de una observación participante y un cuestionario al final de las sesiones.

## ANÁLISIS Y RESULTADOS

El estudio que presentamos consiste en la respuesta dada en el cuestionario, en este contexto, a la pregunta: “*Como has visto la gráfica posición-tiempo del carrito no es simétrica. Qué explicación puedes dar?*”. Las respuestas han sido analizadas, clasificadas y categorizadas en tres bloques, respuestas con argumentación,

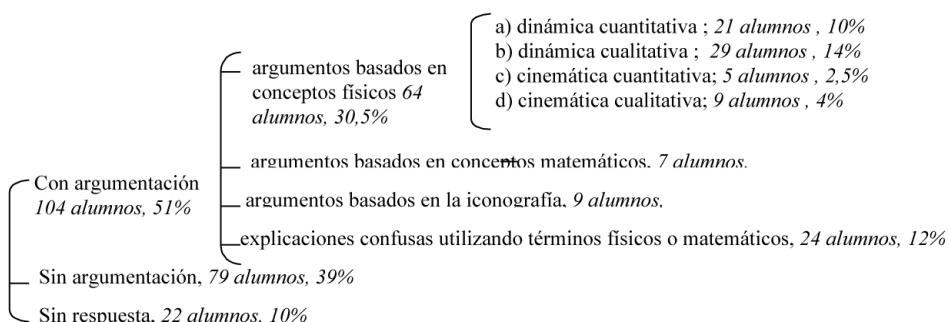
respuestas sin argumentación o sin respuesta, como muestra la red sistémica adjunta. En el primer bloque encontramos las razones para explicar la asimetría de la curva expresadas en argumentos físicos, matemáticos o icónicos:

1. Argumentos Físicos que consistían en:

- a) tomar en consideración el objeto real y analizar su movimiento desde una perspectiva dinámica argumentando la composición de las fuerza de fricción y la fuerza debida a la tensión de la cuerda (*explicación dinámica cuantitativa*). Requiere disponer de una capacidad para analizar el sistema real, para analizar y componer las fuerzas actuantes y para darse cuenta del cambio de sentido de la fuerza de fricción. Puede utilizarse, pero no es imprescindible, utilizar también el dominio cinemático expresando la mayor o menor aceleración del móvil en su ida o vuelta.
- b) tomar en consideración alguna de las fuerzas actuantes que dan lugar a aceleraciones distintas en el movimiento de ida y en el de retorno (*explicación dinámica cualitativa*).
- c) tomar en consideración la obtención de las dos ramas de la parábola y explicar que una rama más cerrada corresponde a un cambio más rápido de la velocidad (la variación de la pendiente de la tangente sería mayor) y por tanto a una aceleración mayor (*explicación cinemática cuantitativa*). Requiere utilizar a la vez conceptos cinemáticos, matemáticos y de gráficas y por lo tanto, la integración de los distintos dominios.
- d) tomar en consideración que hay dos aceleraciones distintas, a la ida o a la vuelta (*explicación cinemática cualitativa*)

2. Argumentos basados en términos matemáticos (parábola, ecuación cuadrática,  $\Delta x$ , etc).

3. Argumentos icónicos, basados en la forma de la gráfica o en sus elementos: (segmentos, partes de la curva, etc.)



A partir de la lectura de la red anterior podemos decir que la mitad (51%) de los alumnos intentan dar una respuesta argumentada, aunque su calidad sea muy diversa. El grupo más numeroso lo constituyen los alumnos con una respuesta entorno a la idea de fuerza. Algunos (10%) realizan razonamientos completos entorno a la composición de las fuerzas actuantes y las aceleraciones a que dan lugar mientras otros (14%) aminoran la complejidad de las dependencias funcionales implicadas en la evolución del sistema realizando reducciones funcionales (Viennot,1996).

Observamos también que el número de alumnos que dan argumentos basados en conceptos cinemáticos es muy reducido. Otros (3,5%) basan sus respuestas en argumentos matemáticos o en los de tipo icónico: '*no es simétrica porque en la gráfica, los segmentos en cada eje no son iguales*'. También encontramos explicaciones justificativas de la asimetría de la curva expresadas en términos físicos y/o matemáticos, mostrando especial confusión conceptual (12%) que aquí no detallamos.

De todos modos, cabe destacar que más de una tercera parte de los alumnos no consigue responder a la cuestión con algún discurso argumentativo. Utilizando los criterios de calidad argumentativa de Jiménez-Aleixandre (2002), podemos decir que estas respuestas no tienen en ningún grado aceptable precisión, complejidad ni son justificativas. Se limitan a asignar a uno o varios términos físicos o matemáticos la causa de la forma asimétrica de la curva pero sin explicar la razón. Sus exposiciones son del tipo '*No es simétrica*

*debido a la fuerza de fricción', 'No es simétrica porque es un m.r.u.a', 'No es simétrica porque es una ecuación de segundo grado'.*

Muy pocos alumnos hacen alguna referencia a las acciones realizadas con los objetos materiales (carrito, goma elástica, polea, riel, etc.) que han manipulado durante el trabajo experimental. En cambio son bastante abundantes las explicaciones en las que manejan, de forma muy imprecisa, ideas aprendidas en las clases de ciencias. Su conocimiento viene apoyándose en buena medida de sus clases teóricas. En estos casos, con frecuencia utilizan términos cinemáticos en sus explicaciones.

## CONCLUSIONES

Las respuestas a la cuestión sobre la asimetría de la curva han mostrado que:

- a. No es frecuente dar respuestas con argumentos justificativos. La mitad de la muestra no ha podido dar explicaciones, ni precisas ni ambiguas, para justificar la forma de la curva. Han optado por el silencio o por asignar un nombre a lo que se suponen debería ser la causa de la forma de la curva.
- b. Parece difícil que los alumnos den razones de la forma de una gráfica especialmente cuando la vía de la justificación que pretenden dar es la cinemática y/o que sea comparativa de cantidades. Aproximadamente una cuarta parte de los alumnos que argumentan sus respuestas, lo hacen dentro del paradigma de la dinámica. En cambio son menos los alumnos que dando respuesta desde el paradigma cinemático la consiguen argumentar.
- c. Las respuestas más elaboradas corresponden a los alumnos que dan una respuesta dinámica y las más pobres las que se sirven de conceptos exclusivamente cinemáticos o gráficos. Así pues, en la calidad de la argumentación influye el tema objeto de estudio.
- d. Resulta raro encontrar la utilización simultánea y de forma coherente conceptos correspondientes a distintos dominios o paradigmas. La interpretación de la gráfica desde el paradigma cinemática necesita de una mayor relación conceptual entre conceptos físicos, matemáticos y los elementos de las gráficas. En cambio, la explicación en términos dinámicos requiere identificar las fuerzas actuantes y resulta más rentable ya que más frecuentemente los alumnos llegan a relaciones cuantitativas entre las variables con lo que resulta probablemente más simple. Una respuesta a la cuestión apoyándose en conceptos cinemáticos requiere cruzar más dominios que hacer lo propio para respuestas desde la dinámica.

Este estudio nos ha facilitado comprender puntos débiles de los alumnos y en consecuencia orientar nuevas acciones para aderezarlos. Conocidas las dificultades para argumentar utilizando razonamientos basados en conceptos cinemáticos, vista la poca alusión a los objetos reales manipulados y vista la poca interrelación entre conceptos parece lógico optar por un reforzamiento del estudio dinámico del sistema conjuntamente con el cinemático a partir de un estudio previo de sus elementos y su funcionamiento. Solo las interconexiones de los distintos saberes hará posible la organización del conocimiento que el uso del MBL puede potenciar y que en futuros estudios pretendemos evidenciar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANSFORD, J., et al (2000) *How people learn: brain, mind, experience and school*. National Academy Press.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P., PEREIRO-MUÑOZ, C (2002) Argument construction and change when working on a real environment problem. Proceedings of the 4th ESERA Conference, Netherlands.
- LAPP, D.A., CYRUS, V.F (2000) Using data-collection devices to enhance students' understanding. The National Council of Teachers of Mathematics, Vol 93, pp.504-510.
- PINTÓ, R., GUTIÉRREZ, R., PEREZ, O. (2000) Implementing MBL (Microcomputer Based Laboratory) technology for the laboratory work in Compulsory Secondary school Science classes. STTIS Report NWP1[on-line]. Retrieved March 15, 2003, from <http://www.blues.uab.es/~idmc42>
- VIENNOT. L (1996) *Raisonneer en physique: la part du sens commun*. Paris. De Boeck. Université.