

# Dificultades en el aprendizaje del concepto de fuerza.

## Newton-Leibniz

Fraga, Ondina<sup>1</sup> | Orsi Millán, Ximena<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> CBC, UBA

**RESUMEN** El trabajo hace foco en una de las concepciones alternativas de mayor persistencia en el ámbito de las Ciencias Físicas: la correlación entre fuerza y velocidad. Esto se pone de manifiesto en la numerosa bibliografía sobre el tema y en nuestra propia experiencia como docentes de física. En este caso se construyó una encuesta especialmente confeccionada para este trabajo de campo y se la aplicó a diferentes poblaciones de alumnos de Biofísica del CBC-UBA evidenciando que las ideas intuitivas sobre el movimiento están en conflicto con el concepto newtoniano de fuerza. En los inicios de la mecánica cuando los filósofos naturales intentaban dar cuenta de las leyes del movimiento Leibniz propuso como expresión para la fuerza el producto de la masa por el cuadrado de la velocidad, el doble de lo que hoy definimos como la energía cinética. La propuesta de Leibniz está en concordancia con su filosofía en donde su fuerza es principio interno de movimiento: si algo se mueve tiene que tener en sí lo que lo hace moverse. Concluimos que la idea de fuerza de Leibniz satisface las ideas intuitivas que tenemos del movimiento y que poner en evidencia esta perspectiva histórica entre el concepto de fuerza de Leibniz y el de Newton es una estrategia más para favorecer el aprendizaje de nuestros alumnos y alumnas.

### Concepciones Alternativas

Las concepciones alternativas resultan de, o son, teorías personales implícitas con las cuales los no expertos en un área interpretan lo que sucede a su alrededor. Los sujetos interiorizan su experiencia de una forma propia y construyen sus propios significados. Estas «ideas» personales influyen sobre la manera de adquirir información en el proceso de aprendizaje y el modo de asimilar un nuevo elemento de información depende tanto de la información como de la estructura del aprendizaje de «esquemas» coherentes con las ideas previas. Su persistencia a su vez las hace muy estables y por lo tanto son muy difíciles de cambiar aún en presencia de un conflicto cognitivo.

### Concepciones alternativas en la Dinámica

En el texto de Driver, Guesne y Tiberghien, particularmente en el Capítulo V Gunstone y Watts concluyen que nuestros alumnos y alumnas poseen varias ideas previas respecto a la relación entre movimiento y fuerza. Ellos las llamaron «reglas intuitivas», y hemos elegido dos de estas reglas para esta investigación:

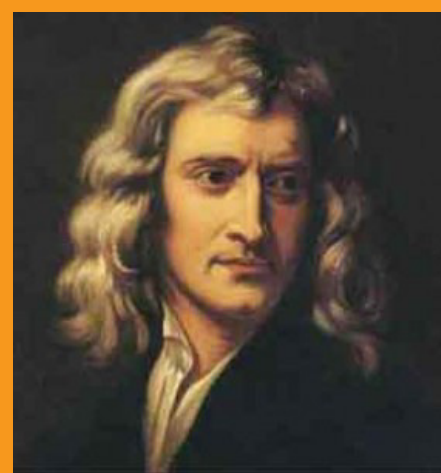
- 1) Si un cuerpo se mueve, hay una fuerza que actúa sobre él en la dirección del movimiento.
- 2) El movimiento constante requiere una fuerza constante.

Estas reglas intuitivas tienen una notable coherencia interna y una lógica muy fuerte, que aún confrontándolas con la concepción científica del concepto de fuerza ganan ante la lógica interna. Para un físico, tales respuestas no sólo parecerían absolutamente inaceptables, sino también fuera de lugar. Sin embargo para nuestros alumnos y alumnas las respuestas son aceptables y funcionan, en el sentido de que explican y aclaran el problema planteado.

### Dos conceptos de fuerza del siglo XVII, un poco de historia...

Hacia el final del siglo XVII los filósofos naturales intentaban dar cuenta de las leyes del movimiento de los cuerpos. Newton con su ley de la gravitación universal y las leyes que llevan su nombre se considera el gran científico de la era moderna. Por otro lado, Leibniz abordó el problema del movimiento desde un enfoque distinto que tardó casi un siglo en ser reconocido.

**ISAAC NEWTON (1642-1727)**



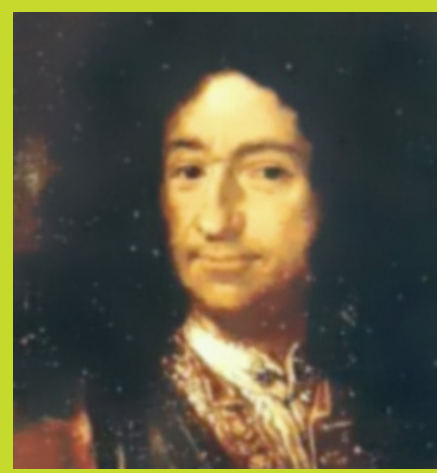
Para Newton la fuerza proviene de la acción de un cuerpo sobre otro. Su cuantificación está dada por el producto de la masa y la aceleración:  $\Sigma F = m \cdot a$ :

«Fuerza impresa es acción ejercida sobre un cuerpo para mudar su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme».

«Supongamos que un cuerpo que cae desde cierta altura, adquiere la fuerza necesaria para subir de nuevo al mismo punto, si su dirección lo lleva allí, a menos que encuentre algún obstáculo; por ejemplo un péndulo subiría perfectamente a la altura de donde ha descendido, si la resistencia del aire y otros pequeños obstáculos no disminuyeran un poco la fuerza que había adquirido».

Gottfried Leibniz. En este fragmento se observa que, en términos modernos, Leibniz está trabajando con el concepto de energía cinética y con la conservación de la energía mecánica. Sus trabajos de dinámica fueron opacados por el éxito de la teoría de Newton, sin embargo inspiraron las formulaciones de la mecánica de D'Alembert y de Lagrange y así de la mecánica analítica. El concepto moderno de energía cinética deriva directamente de su fuerza viva, concepto que en el siglo XIX actuó como puente entre la mecánica y otras

**GOTTFRIED LEIBNIZ (1646-1716)**



La «fuerza viva» es el principio interno del movimiento; si algo se mueve debe tener en sí lo que lo hace moverse. Su cuantificación está dada por el producto de la masa por el cuadrado de la velocidad:  $F = mv^2$ , el doble de lo que hoy definimos como la energía cinética.

ramas de la física. El teorema de la variación de la energía mecánica o de las fuerzas vivas es un ejemplo de la importancia de Leibniz en la formulación energética de la dinámica.

#### El concepto de fuerza de Leibniz: $\Sigma F = m \cdot v^2$

Aclaración: Leibniz distingue entre fuerza absoluta, o sea escalar y fuerza respectiva, o sea vectorial, asignándole a esta última la dirección del movimiento.

- 1) Si  $v = t \rightarrow$  entonces  $\Sigma F = t \rightarrow$
- 2) Si  $v =$  constante entonces  $\Sigma F =$  constante

Correlación fuerza y velocidad

#### El concepto de fuerza de Newton: $\Sigma F = m \cdot a$

- 1) Si  $\Delta v = t \rightarrow$  entonces  $\Sigma F = t \rightarrow$
- 2) Si  $v =$  constante entonces  $\Delta v = 0$  y entonces  $\Sigma F = 0$

Correlación fuerza y cambio de la velocidad

### La investigación

Sobre una población de 365 alumnos distribuidos en seis aulas que cursan la materia Biofísica del CBC-UBA durante el segundo cuatrimestre de 2012 en la sede Paternal, realizamos una 1ª encuesta para investigar las ideas intuitivas que los alumnos poseen respecto a la relación entre movimiento y fuerza. Esta encuesta se realizó al finalizar la unidad cinemática y antes de comenzar la unidad dinámica.

Al concluir la unidad de trabajo y energía, se trajo a la luz el concepto de con-

cepciones alternativas y se desarrollaron con perspectiva histórica los conceptos de fuerza en pugna durante el siglo XVII entre Leibniz y Newton, relacionando nuestras ideas intuitivas con la fuerza viva propuesta por Leibniz, en terminología actual con la energía cinética. Esto se realizó en tres de las seis aulas, mientras que en las otras tres esta discusión no se dio (estas tres aulas las consideraremos aulas testigos). Luego de algunas clases se formuló una 2ª encuesta. Al finalizar la encuesta en todas las aulas se debatió sobre las ideas propias y las científicas.

#### Encuesta 1

1- Un bloque se desliza como se observa en la figura. Entonces, según tu criterio, la fuerza aplicada sobre el bloque es:

Contraria a la velocidad.  
 Tiene el mismo sentido que la velocidad.  
 Es cero.

2- Un auto tira de un bloque usando una soga ideal (no se estira) como se muestra en la figura. La fuerza que la cuerda aplica al bloque es constante y no hay rozamiento entre el bloque y el piso. Entonces, velocidad del bloque:

Aumenta  
 Es constante  
 Disminuye

#### Encuesta 2

1- Una valija sube por una cinta transportadora como se indica en la figura, a velocidad constante. Entonces la fuerza resultante aplicada sobre la caja es:

Paralela a la cinta y apunta hacia arriba.  
 Paralela a la cinta y apunta hacia abajo.  
 Es cero.

2- Una piedra es arrojada hacia arriba. Durante el vuelo de ascenso el resultado de fuerzas es un vector que:

Tiene el mismo sentido que la velocidad.  
 Tiene sentido contrario a la velocidad.  
 Es cero.

3- Sobre el piso de un ascensor se encuentra una caja. Si el ascensor baja frenando, la fuerza resultante de fuerzas sobre la caja:

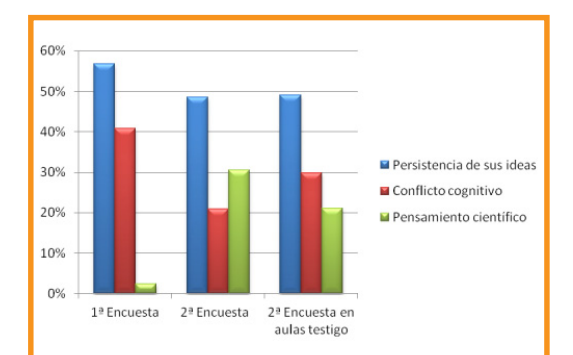
Es un vector que apunta hacia abajo.  
 Es un vector que apunta hacia arriba.  
 Es cero.

4- A una pelota que se encuentra en la base de un plano inclinado se le da una velocidad inicial y la pelota sube hasta cierta altura. ¿Hacia adonde apunta el resultado de fuerzas mientras esta subiendo?

#### Resultados

Resultados	1ª Encuesta	2ª Encuesta	2ª Encuesta en aulas testigo
Persistencia de sus ideas	56,71%	48,51%	49,12%
Conflicto cognitivo	40,82%	20,90%	29,82%
Pensamiento científico	2,47%	30,60%	21,05%
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

#### Gráfico de Resultados



### Conclusiones

Antes de analizar los datos es importante tener en cuenta que la segunda encuesta se realizó antes de que los contenidos de dinámica y de trabajo y energía fueran formalmente evaluados mediante los exámenes parciales y mientras se trabajaba la unidad de fluidos.

En los resultados de la 1ª Encuesta se observa en la mayoría de los alumnos y alumnas que prevalecen las ideas propias en las cuales se correlaciona la fuerza y la velocidad.

En la segunda encuesta se obtiene el mismo porcentaje de alumnos (aprox. 49%) que persisten en sus ideas intuitivas, si bien disminuye en comparación al porcentaje obtenido en la primera encuesta (aprox. 57%). Esto confirma la dificultad en modificar estas ideas. Respecto a los alumnos con pensa-

miento científico y en conflicto cognitivo se obtiene una inversión de los porcentajes respecto de las aulas testigo. En las aulas donde se desarrolló esta investigación se observa un aumento del porcentaje de los alumnos con pensamiento científico (30%) y una disminución del porcentaje de los alumnos en conflicto (20%) respecto a los porcentajes en las aulas testigos. Se puede concluir que evidenciar las concepciones alternativas ayuda a los alumnos a resolver el conflicto cognitivo entre las ideas intuitivas y las científicas, optando por las científicas.

Esto nos anima a sostener que poner en evidencia las ideas intuitivas de los alumnos y de las alumnas enmarcadas por el contexto histórico del surgimiento de la dinámica hacia el final del siglo XVII, es una estrategia útil para la enseñanza siempre problemática de la dinámica.

**Bibliografía**  
 Campanario, J. M. y Otero, J. (2000) "Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de Ciencias". En: Enseñanza de las Ciencias, 18 (2), pp.155/169.  
 Gunstone, R. y Watts, M. (1989) Capítulo V: Fuerza y Movimiento. En Driver, Guesne y Tiberghien (comp) Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia. Madrid. Morata

Johsua, S. y Dupin, J. (2005) Las concepciones de los alumnos. Capítulo 3 en Introducción a la didáctica de las Ciencias y la Matemática. Buenos Aires. Colihue.  
 Leibniz G. (2004) Discurso de la Metafísica. Buenos Aires. Losada. (1686)  
 Leibniz G. Escritos de Dinámica (1991) Traducción y estudio preliminar J. Arana. Madrid. Tecnos.  
 Montesinos Sirera, J. L. (2009) Fluxiones, Infinitesimales y fuerzas vivas. Un panorama leibniziano. En: Thémata, 42, pp. 77-106.

Newton, I. (1687) "Principios matemáticos de Filosofía Natural".  
 Oliva Martínez, J.M. (1996) "Estudios sobre la consistencia en las ideas de los alumnos en ciencias". En: Enseñanza de las Ciencias, 14 (1).  
 Pozo, J. et al. (1992) Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. Infancia y Aprendizaje 57: 3-22.