

AUTORES: VENERO, C., **CRIADO G^a-LEGAZ, A.M.**; JIMÉNEZ GÓMEZ, C.R.,
TÍTULO: *Investigación internivelar sobre algunas cuestiones de dinámica. Ideas de los alumnos y su evolución.*

TIPO DE PARTICIPACIÓN:

CONGRESO: *XIII Encuentro de Didáctica de Ciencias Experimentales.* EUM. Univ. Cáceres.

PUBLICACIÓN: *Actas* pp. 287-293.

LUGAR DE CELEBRACIÓN: EUM. Guadalajara Univ. Alcalá de Henares. pp. 287-293

AÑO: 1992

XIII ENCUENTROS DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

Guadalajara, 21 al 25 de Septiembre de 1992



JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERIA DE EDUCACION
I.E.S. "HNOS. MACHADO"
MONTEQUINTO

Comprobada y Conforme
COORDINADORA 26 de 9 de 95
Amelia Calonge García El Funcionario.



UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DE HENARES

ESCUELA UNIVERSITARIA DE FORMACIÓN DE PROFESORADO
DE E.G.B. GUADALAJARA

150 ANIVERSARIO DE LA FUNDACIÓN DE LA E.U. DE GUADALAJARA

© UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DE HENARES
Servicio de Publicaciones
Editor: Prof. Dra. Amelia Calonge García
Dpto. Geología U.A.H.
I.S.B.N.: 84-8138-006-7
Depósito Legal: M-2820-1995

XIII ENCUENTROS DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES
Guadalajara 21 - 25 de Septiembre de 1992

COMITÉ ORGANIZADOR:

Coordinador: M^a Amelia CALONGE GARCÍA (1)
Vocales: M^a Teresa FERNÁNDEZ-GALLANO RUIZ (2)
José-Francisco GARCÍA-HIDALGO PALLARÉS (1)
M^a Dolores MOLINA NAVAS (3)
Manuel SEGURA REDONDO (1)
Eloisa VIVAS ARCE (4)
M^a Puy ZUGASTI ARBIZU (5)

- (1) Dpto. Geología U.A.H.
- (2) Dpto. Biología Celular y Genética U.A.H.
- (3) Dpto. Química Orgánica U.A.H.
- (4) Dpto. Química - Física U.A.H.
- (5) Dpto. Física U.A.H.



JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERIA DE EDUCACION
I.E.S. "HNOS. MACHADO"
MONTEQUINTO

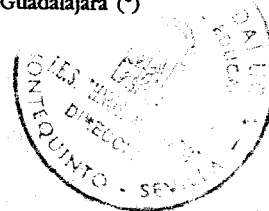
Compulsada y Conforme

Sevilla, 26 de 9 de 92

ORGANISMOS PATROCINADORES:

Universidad de Alcalá de Henares:
Vicerrectorado de Investigación,
Vicerrectorado de Extensión Universitaria y Relaciones Internacionales,
Instituto de las Ciencias de la Educación, y
E.U. de Formación de Profesorado de E.G.B. de Guadalajara (*)

Instituciones colaboradoras:
Banco Hispano Americano
Ibercaja



(*) Estos Encuentros han sido financiados e incluidos dentro de las Actividades desarrolladas con motivo de la celebración del 150 Aniversario de la inauguración de este Centro.

INVESTIGACIÓN INTERNIVELAR SOBRE ALGUNAS CUESTIONES DE DINÁMICA. IDEAS DE LOS ALUMNOS Y SU EVOLUCIÓN.

Concepción Venero Goñi. E.U. Politécnica. Sevilla
Ana Criado García-Legaz. E.U. de E.G.B. Sevilla
Carlos Roque Sánchez Gómez. I.E.S. nº 1. Sevilla.

INTRODUCCIÓN

Surge este trabajo de la preocupación y el interés por mejorar una enseñanza, de la que numerosas investigaciones confirman su escasa efectividad para lograr la comprensión de conceptos científicos fundamentales, a pesar de ser repetidamente enseñados.

Influenciados por la investigación didáctica hemos basado este estudio en dos puntos, considerar lo que ya sabe el alumno y analizar cómo evolucionan esas ideas (conceptos alternativos) en la interpretación de los fenómenos, en diferentes etapas educativas.

Estos puntos de partida que se encuadran dentro del constructivismo, nos pueden dar pie a la elaboración de una estrategia de enseñanza-aprendizaje que nos permita incidir en la particular teoría de explicación que el alumno maneja.

La experiencia se ha realizado sobre el concepto de fuerza incluyendo aspectos relacionados con el movimiento, la gravedad y el rozamiento. El motivo de haber escogido este tema a pesar de estar bastante estudiado es, por una parte, el creer que tal vez es en esta iniciación a la mecánica, donde resulta más difícil modificar las ideas alternativas de los alumnos. Y por otra parte, el hecho de que no exista unanimidad en la bibliografía actual sobre la filosofía que debe orientar las distintas propuestas didácticas.

OBJETIVO

Realizar un estudio exploratorio previo a la confección de material didáctico para un enseñanza y aprendizaje del concepto de fuerza y su problemática.

MUESTRA Y RECOGIDA DE DATOS

La muestra de alumnos de diferentes niveles educativos estaba formada por: 40 estudiantes de 2º de B.U.P. del I.E.S. nº 1; 50 estudiantes de C.O.U. del I.E.S. nº 1; 68 estudiantes del 1º año de E.U.P. (en el pretest) y 29 estudiantes del 1º año de E.U.P. (en el postest) todos ellos de Sevilla.

Como herramientas de trabajo se ha utilizado una serie de items en los que se muestran diferentes situaciones físicas (Anexo D). Los items 5 y 6 corresponden a situaciones físicas con fuerzas de rozamiento, adaptadas a EEMM y EUP respectivamente. En cuanto a la recogida de datos hemos realizado un pretest al inicio del curso, con el objetivo de investigar las concepciones de los alumnos en un momento distante de la enseñanza del tema (instrucción lejana).

Los postest, son pasados posteriormente durante el mismo curso académico, cuando ha transcurrido un tiempo suficiente para desprejar el efecto memorístico (instrucción reciente).

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Corregidos los items y agrupados los datos, los resultados expresados en tantos por ciento se han tabulado por niveles educativos tal como se muestran en Anexo II. A continuación pasamos a analizar e interpretar cada una de las cuestiones, utilizando para ello las tablas de resultados porcentuales y las gráficas del Anexo III.

CUESTIÓN 1.- Si la pelota esta subiendo, ¿qué dibujo cree que representa las fuerzas que actúan sobre la pelota?

CUESTIÓN 1					
CURSO / OPCIÓN	1	2	3	4	5
PRETEST 2º BUP	19,4	13,9	0,0	55,6	11,1
POSTEST 2º BUP	13,3	00,0	28,9	48,9	08,9
PRETEST COU	17,7	1,6	3,2	71,0	6,5
POSTEST COU	0,0	0,0	28,9	57,9	13,2
PRETEST E.U.P.	0,0	1,5	22,0	76,5	0,0
POSTEST E.U.P.	0,0	0,0	89,7	10,3	0,0

Independientemente del nivel en el que se realice el pretest (instrucción lejana), la respuesta mayoritaria es la que lleva implícita una fuerza en el sentido del movimiento. Es de destacar, la ganancia de adeptos que esta idea alternativa (1.4) experimenta conforme avanzamos de nivel educativo. Sin embargo, disminuye hasta hacerse cero el porcentaje de alumnos que obvian la presencia de la fuerza peso (1.1).

La respuesta científica (1.3) pasa de no ser escogida en EEMM, a serlo por una quinta parte del alumnado en EUP. El bajo % de respuesta de la opción 1.5 -movimiento con resultante de fuerzas igual a cero- es coherente con los resultados obtenidos en 1.4.

El diagrama representado en 1.2, muestra una redundancia de fuerzas en la dirección del movimiento, razón por la cual, pensamos, es poco escogida.

En un análisis de los postest (instrucción próxima), podemos apreciar una tendencia a desechar las respuestas 1.2, por lo absurdo del planteamiento, y la 1.1 debido a lo que creemos aprendizaje significativo de la existencia de la fuerza peso.

En EEMM, la opción más escogida sigue siendo la 1.4, aunque disminuye con respecto al pretest, seguida de la opción científica (1.3) que sufre un incremento importante.

Por el contrario en EUP, es esta opción 1.3, la más ampliamente aceptada, teniendo como única alternativa la 1.4 en la que hay una resultante no nula en el sentido del movimiento. Por último, resaltar que todas las opciones disminuyen menos la científica.

CUESTIÓN 2.- En ella se supone la Luna girando alrededor de la Tierra, en una órbita circular, con $v = \text{cte}$. Si las flechas indican las fuerzas que actúan sobre la Luna, ¿qué dibujo cree que representa las fuerzas sobre ella?

CUESTIÓN 2					
CURSO / OPCIÓN	1	2	3	4	5
PRETEST 2º BUP	8,3	5,6	5,6	72,2	8,3
POSTEST 2º BUP	21,0	11,6	16,3	27,9	23,2
PRETEST COU	22,9	1,6	8,2	36,1	31,2
POSTEST COU	10,5	0,0	10,5	55,3	23,7
PRETEST E.U.P.	7,4	0,0	4,4	33,8	54,4
POSTEST E.U.P.	13,7	3,5	55,2	13,8	13,8

En lo que respecta a los pretest: destacar en 2º de BUP como única opción realmente significativa, la que plantea una situación de equilibrio de fuerzas, para que la órbita se mantenga, y una fuerza impulsora en la dirección del movimiento.

Esta respuesta (2.4), está enmarcada dentro de una lógica de "sentido común".

En COU, se produce una distribución de respuestas entre las opciones 2.1, 2.4, y 2.5, que consideramos puede ser debida a la injerencia de la instrucción en la lógica del alumno (aparición del concepto de fuerza centrífuga).

Los resultados, en EUP, de la opción 2.5 nos reafirman en la idea anteriormente expuesta, donde se pone de manifiesto lo hondamente que cala en el alumno el concepto de fuerza centrífuga, "al no ser contradictorio con su esquema explicativo".

Llama la atención la escasa acogida que la opción científica (2.3) tiene en todos los niveles.

En relación a los postest, en 2º BUP, se aprecia una dispersión de respuestas, probablemente atribuible al desnivel existente entre la exigencia cognitiva del problema y la etapa psicoevolutiva en la que se encuentra el alumno.

En COU, las respuestas mayoritarias corresponden a las opciones 2.4 y 2.5, donde parece que subyace la necesidad de un equilibrio de fuerzas (para que la Luna permanezca en órbita). Sin embargo es más del doble la proporción de la 2.4, en la que aparece una fuerza impulsora del movimiento.

En EUP destaca la opción científica (2.3) como la mayoritariamente escogida indicando, tal vez, que la instrucción va abriéndose paso entre otras opciones alternativas.

CUESTIÓN 3 - La figura muestra un niño que hace girar, en un plano vertical, una piedra atada al extremo de un hilo. Se supone que las flechas muestran las fuerzas sobre la piedra, ¿cuál de los dibujos representa las fuerzas sobre la piedra?.

CUESTIÓN 3					
CURSO / OPCIÓN	1	2	3	4	5
PRETEST 2º BUP	2,6	5,3	57,9	26,3	7,9
POSTEST 2º BUP	13,0	10,9	39,1	34,8	2,2
PRETEST COU	16,7	1,6	56,7	25,0	0,0
POSTEST COU	10,5	5,3	52,6	31,6	0,0
PRETEST E.U.P.	20,6	13,2	32,4	32,4	0,0
POSTEST E.U.P.	0,0	69,0	13,8	17,2	0,0

En relación a los pretest, las opciones más escogidas son las 3.3 y 3.4. La primera, mayoritaria, establece un equilibrio de fuerzas más una fuerza en el sentido del movimiento. Mientras que en la 3.4, parece que se ha resuelto la situación mediante una fuerza extra-causante del movimiento- y un diagrama de fuerzas participantes.

Llama la atención, el aumento que con el nivel académico, experimenta la opción 3.1 y que creemos debido a que con la instrucción se acrecienta el uso del concepto de fuerza centrífuga concepto que, como se dijo anteriormente, encaja sin conflicto en el esquema explicativo inicial de los alumnos.

Es de resaltar la poca aceptación que la respuesta científica (3.2) tiene en estos alumnos. Destaca también lo fácilmente desechable que les resulta la 3.5 con un mínimo de instrucción.

En lo que respecta a los postest, no se aprecia una variación significativa con lo comentado anteriormente, salvo en enseñanza universitaria, donde se observa un aumento espectacular de la respuesta científica. Este aumento pensamos que puede ser debido a distintas causas: un nivel cognitivo superior en el alumno, discusión en clase del pretest, proceso de autoselección de los alumnos a final de curso.

CUESTIÓN 4.- La figura muestra un bloque en reposo sobre una superficie rugosa. ¿Qué dibujo representa correctamente las fuerzas que actúan sobre el bloque?.

CUESTIÓN 4					
CURSO / OPCIÓN	1	2	3	4	5
PRETEST 2º BUP	36,1	11,1	44,5	8,3	-
POSTEST 2º BUP	0,0	60,9	15,2	23,9	-
PRETEST COU	1,6	75,8	11,3	11,3	-
POSTEST COU	2,6	89,5	0,0	7,9	-
PRETEST E.U.P.	4,4	86,8	2,9	4,4	-
POSTEST E.U.P.	0,0	76,0	0,0	24,0	-

Al ser una situación de estática muy elemental, ampliamente tratada en los currículos de estos niveles, la influencia de la instrucción se refleja en la gran aceptación que, a todos los niveles, tiene la opción científica (4.2).

Sin embargo, se observa una cierta aceptación de la opción 4.4, que suponemos es debida a una respuesta precipitada por la extensa gama de problemas en los que interviene el rozamiento.

CUESTIÓN 5.- Sobre un bloque de masa 10 kg apoyado en una superficie horizontal rugosa se aplica una fuerza (ver figura). ¿Cuánto vale la fuerza de rozamiento en cada caso, si el cuerpo permanece siempre en reposo?

CUESTIÓN 5			
CURSO / OPCIÓN	N/C	R/AL	R/C
PRETEST 2º BUP	72,2	13,9	13,9
POSTEST 2º BUP	21,6	24,0	54,4
PRETEST COU	11,1	33,3	55,6
POSTEST COU	0,0	13,2	86,8

Es el objetivo de esta cuestión, detectar qué ideas tiene el estudiante sobre el valor de la fuerza de rozamiento que experimenta un cuerpo cuando sobre él se ejerce una fuerza.

En pretest de 2º de BUP, se observa una ausencia de respuesta a este problema, lo que nos lleva a plantear las siguientes cuestiones: ¿Es que no posee el alumno conceptos

alternativos sobre la situación planteada? ¿Es consciente de la existencia de fuerzas de rozamiento, incluso en el reposo? ¿Es consciente además, de la variabilidad de dicha fuerza?

En la respuesta correcta, no hay variación de porcentaje al pasar del postest de 2º al pretest de COU como ha ocurrido en otras cuestiones. Resalta en el postest de COU, la aceptación casi absoluta de la respuesta científica. Esta aceptación, casi unánime, de la respuesta correcta podemos atribuirla a que al no tener respuesta propia, aceptan -ya que no les plantea conflicto- la ofrecida por el profesor.

CUESTIÓN 6.- Sobre un bloque de masa 1 kg apoyado en una superficie horizontal rugosa se aplica una fuerza horizontal F. ¿Cuánto vale la fuerza de rozamiento en cada caso? ($\mu_D = 0,1$; $\mu_E = 0,2$; $g = 10 \text{ m/s}^2$)

CUESTIÓN 6.1			
CURSO / OPCIÓN	N/C	R/A	R/C
PRETEST E.U.P.	26,4	70,6	3,0
POSTEST E.U.P.	0,0	62,0	38,0

CUESTIÓN 6.2			
CURSO / OPCIÓN	N/C	R/A	R/C
PRETEST E.U.P.	28,0	41,0	31,0
POSTEST E.U.P.	0,0	17,0	83,0

CUESTIÓN 6.3			
CURSO / OPCIÓN	N/C	R/A	R/C
PRETEST E.U.P.	32,0	43,0	25,0
POSTEST E.U.P.	0,0	24,0	76,0

El planteamiento de esta cuestión nos ha surgido por las dificultades observadas en la enseñanza de las fuerzas de rozamiento en 1º curso de las EUP. En ella, se exponen tres situaciones generales de rozamiento en las que están implicadas los siguientes conceptos:

- 1) La fuerza de rozamiento, no tiene un valor fijo, éste, depende de la fuerza externa que tiende a desplazar al cuerpo.
- 2) Existe un valor máximo de la fuerza de rozamiento.

En esta cuestión aparecen dos situaciones de rozamiento claramente diferenciadas:

$$6.1) F_R = F_{\text{aplic}} = 1 \text{ N}$$

$$\# F_{\text{aplic}} F_{R_{\text{máx}}} = \mu_E \cdot N = 2 \text{ N}$$

(CUERPO EN REPOSO)

$$6.2) F_R = F_{\text{aplic}} = 2 N$$

(MOVIMIENTO INMINENTE)

$$\# F_{\text{aplic}} > F_{R_{\text{máx}}} \quad 6.3) F_R = F_R = D \cdot N = 1 N^D$$

(CUERPO EN MOVIMIENTO)

Al analizar los pretest, vemos que la gran mayoría contestan de forma alternativa. Si analizamos una a una, las distintas respuestas, vemos que en la 6.1 sólo un 3% contestan de forma acertada, siendo un 70,6 % los que lo hacen de manera alternativa y de éstos, el 50 % se inclinan por utilizar la fórmula: $F_R = .N$, sin reflexionar sobre la situación presentada (concepto alternativo procedente de la instrucción). Observando los resultados de las siguientes cuestiones, vemos que aumenta el porcentaje de respuesta correcta en grado significativo, aunque pensamos que ésto es debido a que en este caso, sí es correcto el uso de la fórmula.

Escogiendo los postest, parece que los alumnos han corregido sus deficiencias en cuanto a la fuerza de rozamiento estática y dinámica (6.2) y (6.3) (casi todos hablan de $F_{R_{\text{máx}}}$ y de movimiento inminente). Sin embargo en el caso 6.1 -cuerpo en reposo y $F_{\text{aplic}} < F_{R_{\text{máx}}}$ - todavía, más de un 60 % de los estudiantes no han cambiado su concepción. Esto es debido al tratamiento eminentemente operativo, abuso del formulismo, en detrimento del análisis conceptual, que se da en todos los niveles educativos.

CONCEPTOS ALTERNATIVOS

De forma resumida, exponemos los esquemas conceptuales alternativos detectados en este estudio:

- Todo movimiento necesita una fuerza impulsora en su misma dirección y sentido.
- Para el movimiento circular es necesario un equilibrio de fuerzas, para que el móvil se mantenga en esa trayectoria.
- Se detecta la no necesidad de existencia de fuerzas que sostengan los cuerpos (tan solo en niveles elementales).
- En el caso de fuerzas de rozamiento en situación estática, no se exige un equilibrio de fuerzas ($F_{\text{aplic}} < F_R$, y el cuerpo continúa en reposo).
- Para cualquier situación la fuerza de rozamiento viene formulada por $.N$

CONSECUENCIAS DIDÁCTICAS

- A) A la hora de valorar los resultados obtenidos,
- * siempre hay que tener en cuenta el factor de lo reciente o lejano que se halle la instrucción.
 - * en la construcción de los medios para analizar la persistencia de un concepto alternativo, en el intervalo pre/post instruccional, hay que ser especialmente cuidadoso.
- B) Orientaciones sobre estrategias de enseñanza-aprendizaje:
- * Partiendo de que una relación causal necesaria entre fuerza y movimiento, nos puede llevar a olvidarnos de la idea de que un mismo conjunto de fuerzas puede dar lugar a distintos tipos de movimiento, planteamos enfocar la enseñanza aprendizaje del concepto de fuerza, previa y separadamente del estudio de movimiento; para, posteriormente, en niveles superiores establecer la premisa de que es necesario tener en cuenta las condiciones iniciales, además de las fuerzas actuantes, para determinar el tipo de movimiento.
 - * No utilizar más que fuerzas reales (provenientes de interacciones). En particular, sugerimos no introducir el concepto de fuerza centrífuga en niveles elementales, a la vista del concepto alternativo tan fuertemente arraigado que genera.

- Iniciar la enseñanza de las fuerzas de rozamiento desde un punto de vista cualitativo, contemplando situaciones estáticas además de las dinámicas, que normalmente se tratan y en las que siempre $F_r = \mu \cdot N$
- A la vista de los resultados, hemos constatado la necesidad de exigir al estudiante un análisis cualitativo, de la situación física, previo a la resolución cuantitativa del problema. En concreto, en niveles elementales, ese primer paso debe ser prioritario y casi exclusivo en el contenido de la enseñanza del concepto de fuerza.