

Concepciones aristotélicas y pre-newtonianas en estudiantes de primer año de las carreras de Biología y Geología de la FCEfyN de la UNC

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Aristotelian and pre-Newtonian conceptions in freshmen of the Biology and Geology careers of the FCEfyN of the UNC

Edgardo Alejandro Gutiérrez¹

¹*Facultad de Ciencia Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 1611. Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba. Argentina.*

E-mail: edgardo.gutierrez@unc.edu.ar

Resumen

Se sospecha que las ideas previas de los estudiantes que ingresan a la educación universitaria en las carreras de Biología y Geología de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEfyN) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), influyen y dificultan la construcción del conocimiento en Física. El trabajo de investigación se desarrolló con la totalidad de alumnos que cursaron la asignatura Física I, en las carreras mencionadas. A los fines de indagar sobre la presencia en los estudiantes mencionados de concepciones aristotélicas y pre-newtonianas, acerca del movimiento de cuerpos y fuerzas intervinientes, se procedió a diseñar y elaborar un cuestionario de opciones múltiples de ocho situaciones físicas y hasta tres preguntas por cada situación (14 preguntas en total). El presente trabajo se enfoca en el análisis de las preguntas P1, P2, P3, P4 y P5, a través de las cuales se trató de averiguar si ideas aristotélicas y pre-newtonianas estaban o no presentes en los alumnos encuestados. Los resultados obtenidos permitieron confirmar la presencia de dichas concepciones y reconocer algunas de sus características.

Palabras clave: Enseñanza–Aprendizaje de la Física; Ideas Previas; Concepciones Aristotélicas y Pre newtonianas.

Abstract

It is suspected that the previous ideas of the students who enter university education in the Biology and Geology careers of the Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEfyN) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), influence and hinder the construction of knowledge in Physics. The research work was developed with the totality of students who studied the subject Physics I, in the mentioned careers. In order to inquire about the presence in the aforementioned students of Aristotelian and pre-Newtonian conceptions about the movement of intervening bodies and forces, we proceeded to design and elaborate a questionnaire of multiple options of eight physical situations and up to three questions for each situation (14 questions in total). The present work focuses on the analysis of the questions P1, P2, P3, P4 and P5, through which we tried to find out if Aristotelian and pre-Newtonian ideas were present or not in the students surveyed. The results obtained confirmed the presence of such conceptions.

Keywords: Teaching-Learning of Physics; Prior Ideas; Aristotelian and Pre-Newtonian Conceptions.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes desafíos al que se enfrenta la enseñanza de las ciencias, es la existencia en los alumnos de fuertes concepciones alternativas a los conceptos científicos establecidos, que resultan muy difíciles de modificar y, en algunos casos, sobreviven a largos años de instrucción escolar y científica. Las ideas previas, también conocidas como concepciones alternativas, errores conceptuales (misconceptions, en inglés), ciencia de los niños, etc., han sido tratadas en numerosas publicaciones, algunas impresas y muchas otras de carácter electrónico (Flores y otros, 2002).

El tema de las ideas previas, constituye un problema de gran interés en la Didáctica de las Ciencias y como tal, viene siendo desde hace ya tres décadas al menos, una línea de investigación de gran importancia, como lo muestran los numerosos trabajos realizados en este campo (Carrascosa Alís, J., 2005).

El alumno, en su intento por explicar distintos fenómenos que ocurren a su alrededor, genera espontáneamente ideas que pasan a ser sus preconcepciones o ideas previas. Aprender significados es realizar un proceso de construcción, modificando en la medida de lo posible, las ideas que se tienen como consecuencia de la interacción con los conocimientos nuevos. El alumno aprende con y contra sus preconcepciones, ideas previas o concepciones alternativas (Gutiérrez y Capuano, 2008).

El estudio de los conocimientos previos en ciencias, y más concretamente en temas de Física, ha sido uno de los ejes de la investigación en didáctica de las ciencias durante los últimos 30 o 40 años. Todas estas investigaciones tienen sentido en la medida en que la información disponible a día de hoy, pueda convertirse en una herramienta útil para diseñar actividades de aprendizaje más eficaces.

A continuación, se repasan algunas de las *ideas previas* relacionadas con los cuerpos y las fuerzas actuantes, que se han reconstruido a lo largo del tiempo a través de diversas investigaciones y que fueron recopiladas por Mora y Herrera (2013):

- A. *Todo movimiento tiene una causa (la fuerza o la gravedad).* Muchos alumnos universitarios entrevistados mencionan que el movimiento puede iniciarse por una fuerza aplicada al objeto o por la gravedad (que es una “*tendencia intrínseca a caer*”).
- B. *En ausencia de fuerza, todo objeto permanece en reposo (con respecto a la Tierra).*
- C. *El aire o la presión del aire son los responsables de que un objeto se mantenga en reposo.*
- D. *Cuando un objeto se encuentra sobre una superficie, ésta lo único que hace es sostener el objeto, evitando así que éste se mueva.*
- E. *Los obstáculos pueden re direccionar o detener el movimiento, pero ellos no pueden ser agentes que apliquen fuerzas.* Siguiendo con la idea previa anterior, se encontró que muchos alumnos argumentan que la acción o resistencia que ejerce un medio no es una fuerza, ya que no inicia ni mantiene un movimiento.
- F. *Los objetos para caer no requieren fuerza, ya que ellos siempre quieren ir hacia abajo.* En general, muchos alumnos creen que la gravedad es la “*tendencia a caer de los objetos*”, por lo que no consideran que a la gravedad se asocie fuerza alguna.
- G. *En el instante en que se suelta una pelota, sobre ella no actúa fuerza alguna. Aquí, los estudiantes desconocen la interacción entre el cuerpo y la Tierra.*
- H. *Una fuerza constante produce una velocidad constante. Muchos estudiantes creen que un cuerpo al que se le aplica una fuerza constante, se mueve necesariamente con una velocidad constante.*
- I. *El intervalo de tiempo necesario para recorrer una distancia dada bajo una fuerza constante, es inversamente proporcional a la magnitud de la fuerza.*
- J. *Una fuerza no puede mantener un objeto acelerado indefinidamente.* Algunos estudiantes creen que el efecto de una fuerza se “*auto-consume*” o se disipa por resistencias externas.
- K. *Cuando dos o más fuerzas están en competencia, el movimiento queda determinado por la fuerza más grande.*
- L. *Una fuerza no puede mover un objeto, a menos que ésta sea mayor que el peso o la masa del objeto.*

Uno de los principales objetivos del estudio de las ideas previas es enfocarse en su evolución, para lograr un mejor aprendizaje y comprensión de los conceptos científicos.

Si se compara la evolución seguida por una teoría física en el tiempo, y los preconcepciones de los científicos involucrados en ella, se encuentra una interesante analogía con los problemas que aparecen en el proceso de conceptualización de los alumnos, al abordar una situación física problemática. El proceso de conceptualización que sigue el sujeto durante su aprendizaje de la física, guarda cierta similitud con el seguido por el pensamiento científico.

Debido a la semejanza de las ideas previas con la evolución de los conceptos científicos, Harres (2005) considera que no es suficiente catalogar las ideas previas de las personas como *ciertas* o *falsas*, comparándolas con el conocimiento científico vigente. Este investigador le da una especial importancia a la tarea de clasificar y analizar las ideas previas de los alumnos con relación al proceso histórico de los conceptos científicos, por lo que propone que el cambio conceptual debe estar basado en una perspectiva epistemológica evolutiva del conocimiento científico y en una concepción constructivista del aprendizaje; de manera que se contraste el desarrollo histórico de los conceptos con una posible evolución de las ideas previas de los alumnos.

Propone una escala de cinco niveles históricos para evaluar las ideas previas de los alumnos sobre el concepto de fuerza y el movimiento de los cuerpos:

- Aristotélico: los alumnos consideran que el reposo es el estado natural de los cuerpos. También piensan que la fuerza del aire mantiene el movimiento por algún tiempo después del lanzamiento, y que la gravedad y el rozamiento hacen que los cuerpos finalmente se detengan.

- Medieval Inicial: los estudiantes creen que la llamada fuerza impresa es la que mantiene el movimiento y que dicha fuerza disminuye naturalmente.
- Medieval Mixta: los alumnos consideran que la fuerza impresa disminuye por la acción del rozamiento.
- Medieval Pre-Inercial: los estudiantes creen que en el movimiento de los cuerpos actúan tanto la fuerza impresa como el rozamiento.
- Inercial: los alumnos consideran que los cuerpos no necesitan de fuerza para mantenerse en movimiento. Además, dicen que los cuerpos se detienen porque actúa una fuerza contraria.

II. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Cuando los alumnos ingresantes a la Facultad llegan a sus aulas, disponen de un conjunto de “ideas previas”, que se alejan -en más o en menos- del saber científico (Campanario y Otero, 2000), y estará en los docentes y sus herramientas didácticas, delinear estrategias que permitan modificar esas concepciones a favor del conocimiento científico establecido con el objetivo de hacer comprensible la ciencia.

Se sospecha, que las ideas previas de los estudiantes que ingresan a la educación universitaria en las carreras de Biología y Geología de la FCEFYN de la UNC, influyen y dificultan la construcción del conocimiento en el aprendizaje del movimiento de los cuerpos y las fuerzas que actúan. Más aún, persisten después de la enseñanza.

Por todo lo expuesto hasta aquí, se plantea a continuación en términos interrogatorios el problema específico que da lugar al presente trabajo: ¿Tendrán los alumnos que ingresan a estudiar las carreras de Biología y Geología de la FCEFYN de la UNC concepciones aristotélicas y pre-newtonianas, en lo que respecta al movimiento de los cuerpos y las fuerzas actuantes? De resultar afirmativa la respuesta a esta pregunta, interesaría conocer qué características tienen.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desprende del proyecto de Tesis de Maestría en Docencia Universitaria titulado “Experimentos cruciales de laboratorio y enriquecimiento conceptual en el aprendizaje de la Física” en donde, además de indagar sobre las ideas previas, se planteó la posibilidad de generar un conflicto cognitivo en los alumnos a través del diseño y aplicación de una *práctica experimental crucial*, con miras de lograr un enriquecimiento conceptual en temas referentes a movimiento de cuerpos y fuerzas intervinientes.

El trabajo de investigación se desarrolló con la totalidad de alumnos que cursaron la asignatura Física I, en las carreras de Ciencias Biológicas, Profesorado en Ciencias Biológicas y Ciencias Geológicas, todas ellas de la FCEFYN de la UNC.

Como consecuencia de un relevamiento previo sobre resultados de trabajos de investigación referidos a ideas previas de los estudiantes, en referencia al movimiento de los cuerpos y las fuerzas intervinientes, de problemas propuestos en libros de uso frecuente en el ciclo básico universitario y de las necesidades propias de este proyecto, se procedió a diseñar y elaborar un cuestionario de opciones múltiples de ocho situaciones físicas y hasta tres preguntas por cada situación (14 preguntas en total), validado por el análisis y opinión de docentes del Departamento de Física de la FCEFYN de la UNC, con suficiente experiencia en la elaboración de cuestionarios y en la detección de ideas previas. El cuestionario se aplicó a la totalidad de alumnos de las materias Física I (Cs. Biológicas y Profesorado de Cs. Biológicas) y Física I (Cs. Geológicas), distribuidos en seis comisiones: 4(cuatro) de Física I de la Escuela de Biología y 2(dos) de Física I de la Escuela de Geología.

Dicho cuestionario se aplicó a todas las comisiones, en dos instancias: “*pretest*”, antes que el tema fuese desarrollado en las clases teóricas y prácticas (antes de la instrucción) y luego, “*postest*”, es decir después que los alumnos participaran de clases teóricas, resolvieran ejercicios y realizaran la correspondiente actividad práctica de laboratorio.

Luego que los estudiantes respondieran al cuestionario en su etapa “pre”, se procedió a analizar las respuestas dadas en una de las comisiones involucradas (elegida de manera aleatoria) a los fines de poder categorizarlas, agruparlas y asignarles una valoración numérica. Esa categorización que se implementó, se utilizó luego para analizar todas las respuestas, de todos los alumnos en todas las comisiones.

Luego de analizar las respuestas dadas por los alumnos de la “comisión testigo” a todas las preguntas del cuestionario, se decidió definir 5 (cinco) categorías que pasaron a constituir la llamada clave de corrección, y a su vez cada categoría de respuesta definida, se le asignó un valor numérico: 1, 2 o 3. Esta información se resume y muestra en la tabla 1.

TABLA I. Categorías y valores asignados.

Categoría	Valor numérico
No comprende la consigna	1
No contesta	1
Contesta Mal	1
Contesta Regular	2
Contesta Bien	3

Para este estudio, la denominación correcto o incorrecto, en lo referido a las respuestas dadas por los alumnos al cuestionario, solo revisten un significado clasificatorio y no implican ningún juicio de valor; y se indica como errónea (o regular) a aquella respuesta dada por el alumno que se aleja del conocimiento científico vigente.

En el cuestionario utilizado, se incluyeron cinco preguntas (P1, P2, P3, P4 y P5) a través de las cuales se trató de averiguar si ideas aristotélicas y pre-newtonianas estaban o no presentes en los alumnos que cursaban Física I en las carreras mencionadas. Para ello, se analizaron las respuestas que dieron todos los estudiantes tomados como un solo conjunto, sin diferenciar por Comisión, discriminadas según respondieran Bien, o en su defecto No contesta, No Comprenden la Consigna, Responden Mal o Regular.

IV. RESULTADOS

El análisis estadístico de los resultados obtenidos para cada una de las 5(cinco) preguntas analizadas en el trabajo (cuyos enunciados se muestran en el anexo) es el siguiente:

Pregunta 1: Muestra una situación en la que se sueltan, simultáneamente y desde una misma altura “h”, dos objetos designados como cuerpo “1” y cuerpo “2” de pesos \vec{P}_1 y \vec{P}_2 , respectivamente, y se les pide a los alumnos que indiquen la/s afirmación/es (de cuatro en total) con las que está de acuerdo, teniendo en cuenta que se supone despreciable el rozamiento. Respondieron en total esta pregunta en su instancia *pre* 129 alumnos (100%), de los cuales solo 50 (38,76%) respondieron correctamente, es decir eligieron como respuesta correcta a la opción “d”; o visto al revés, podemos decir que 79 alumnos (61,24%) respondieron de manera incorrecta, al elegir alguna/s de la/s otra/s opciones propuestas. Si más del 60% de los alumnos encuestados responde de manera incorrecta, podemos decir que está presente en este conjunto de alumnos la idea “aristotélica” de sostener que cuerpos más pesados llegan primero que aquellos cuerpos más livianos, cuando son liberados desde una misma altura y al mismo tiempo.

Pregunta 2: Se hace reflexionar a los alumnos para que luego respondan de manera justificada, cuál de los dos objetos presentes en el esquema llega primero al piso, sabiendo que son lanzados simultáneamente, son de igual peso y parten desde una misma altura “h”, pero uno de ellos cae libremente en dirección vertical (partiendo desde el reposo), en tanto que el otro tiene una velocidad inicial \vec{v}_0 paralela al suelo horizontal. Se aprecia que solo el 10,85 % de los alumnos indicaron de manera acertada que ambos cuerpos llegan simultáneamente al suelo, y hay otro 89,15% de alumnos que responden de manera incorrecta (regular, mal, no contestan o no interpretan la consigna). Aquí también podemos inducir que se reconocen, en un porcentaje importante (89,15%) de los estudiantes, ideas aristotélicas.

Pregunta 3: Se trata de una pregunta abierta, en la cual los alumnos tienen que dibujar las fuerzas intervinientes sobre un cuerpo que se mueve sobre un plano inclinado en distintas situaciones: mientras asciende, cuando alcanza su posición de altura máxima y cuando está descendiendo. De los 129 alumnos (100%) que respondieron esta pregunta, solo 4 (3,10%) respondieron correctamente, indicando y dibujando de manera correcta las fuerzas intervinientes, y los restantes 125 (96,90%) respondieron mal, ya sea porque reconocieron fuerzas de más o de menos, o las dibujaron de manera incorrecta.

Pregunta 4: Ofrece una figura con un móvil que se desplaza sobre una superficie horizontal, despreciando el rozamiento con el piso y con el aire, el cual está sometido al accionar de una fuerza \vec{F} (también horizontal) que de manera súbita deja de actuar. Se les pide a los alumnos que elijan aquella opción que describe de manera correcta lo que acontece inmediatamente después que la fuerza cesa su accionar. De 129 estudiantes (100%) que respondieron esta pregunta en su instancia *pre*, solo 65 (50,39%) respondieron correctamente al seleccionar la opción “d”, o en su defecto, 64 (49,61%) respondieron de manera incorrecta, al elegir una opción inadecuada.

Aquí los porcentajes de “acierto” y “error” están repartidos casi por igual, pero, de todas maneras, en casi el 50% de los alumnos encuestados se observa la presencia de la idea aristotélica de sostener que, si un cuerpo se mueve, es porque alguna fuerza debe estar operando a tal fin.

Pregunta 5: Presenta un cuerpo de masa “m” que es lanzado por una persona verticalmente hacia arriba en el vacío, y muestra tres situaciones en las cuales se les pide a los alumnos que indiquen, para cada una de ellas, las fuerzas intervinientes: cuando el cuerpo está ascendiendo, cuando alcanza su altura máxima y finalmente cuando está descendiendo.

Solo un 4,65% de estudiantes que responden correctamente, es decir, dibujando que la única fuerza que actúa sobre el cuerpo desde que se despegó de la mano de la persona, alcanza su altura máxima, y regresa a su posición inicial, es su propio peso. Esto quiere decir que hay un 95,35% de alumnos que respondieron de manera errónea, ya sea porque agregaron al esquema fuerzas inexistentes (generalmente la fuerza impulsora de la mano, entre otras) o por el contrario dejaron de lado al peso del cuerpo. Aquí también se identifican en los alumnos ideas previas “aristotélicas”.

El gráfico 1, sintetiza para cada una de las preguntas analizadas, los porcentajes de alumnos que respondieron “Bien”, por un lado, y aquellos que se agrupan en “No contesta, No comprenden la consigna, responden mal o regular”, por el otro.

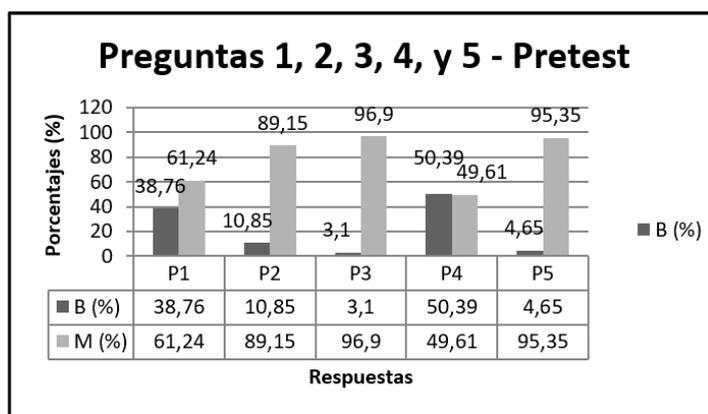


GRÁFICO 1. Respuestas en el pretest a las preguntas 1, 2, 3, 4 y 5.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Si se analizan las respuestas que dieron todos los alumnos, es decir sin discriminar por comisión, a esas cinco primeras preguntas del cuestionario en su etapa “pre” (antes de recibir instrucción), se pueden resaltar lo siguiente:

Pregunta 1: tendrían que haber señalado su coincidencia con aquella en la cual se indicaba que ambos cuerpos llegarían simultáneamente al suelo, independientemente de sus pesos y sus tamaños, ya que en las otras tres afirmaciones se hacía referencia a que el tiempo de caída estaba influenciado por el tamaño o el peso. Esto induce a pensar que está presente en los alumnos y en un porcentaje importante, la idea que los cuerpos más “pesados” y de “mayor tamaño”, llegan primero al suelo. Este tipo de razonamiento de los alumnos se lo puede asociar al nivel aristotélico, de la escala propuesta por Harres.

Pregunta 2: Observando los resultados, se puede inferir que para un grupo importante de alumnos (casi el 90%), está presente la idea que el tiempo de viaje está directamente relacionado con la trayectoria que describen los cuerpos, sin tener presente las características de cada movimiento. Se advierte que los alumnos no vinculan, como lo propone la ciencia, la fuerza con el cambio de velocidad. Por eso intuyen que como el cuerpo “b” debe realizar un recorrido mayor, el tiempo que le insume llegar al suelo, también será mayor, y en virtud de ello se inclinan por elegir al cuerpo “a” como aquel que llega primero.

Pregunta 3: En algunos casos se dibujan fuerzas presentes en direcciones y sentidos incorrectos, y en otros se ignora alguna de las fuerzas intervinientes. Estas respuestas erróneas, hacen pensar que en los alumnos están presentes aquellas ideas correspondientes a los niveles Medieval Mixto y Medieval Pre-Inercial, ya que mayoritariamente reconocen la presencia de la fuerza de rozamiento, además de agregar otras fuerzas que la podemos asociar a la llamada fuerza impresa entregada al proyectil por el proyector.

Pregunta 4: En las respuestas erróneas, manifestadas por casi la mitad de los alumnos indagados, se hace evidente el pensamiento de nivel “aristotélico”, que sostiene que para que un cuerpo se mueva, sobre él tiene que actuar una fuerza.

Pregunta 5: Analizando las respuestas dadas por un porcentaje muy importante de alumnos (superior al 95%) se puede concluir que en ellos se hacen presentes aquellas ideas propias del nivel Aristotélico y Medieval Inicial, en donde se sostenían argumentos tales como: “la fuerza proyectora es la causa del movimiento ascendente”; “mientras que la fuerza es mayor que la tendencia del objeto hacia abajo (peso),

éste se mueve hacia arriba”; “el movimiento ascendente continúa, pero cada vez más lentamente, con la disminución de la fuerza proyectora”; y “el proyectil comienza a caer cuando la fuerza ascendente es menor que la tendencia del objeto hacia abajo. El cuerpo se mueve hacia abajo por influencia de su propio impulso interno (peso) cada vez más rápidamente, con la continua disminución de la fuerza proyectora y de la manera más rápida cuando esta fuerza es totalmente agotada”.

Luego de analizar estos resultados, cabe preguntarse, ¿qué podemos hacer los docentes para facilitar el enriquecimiento conceptual de los estudiantes, permitiendo que esas ideas previas evolucionen y se acerquen a los conceptos científicos?

Diremos que, con relación al movimiento de los cuerpos y las fuerzas actuantes, es importante al momento de pensar y diseñar estrategias de enseñanza-aprendizaje, tener presentes los siguientes aspectos:

- Que todos los estudiantes llegan al aula con ideas previas, erróneas o acertadas, acerca la fuerza.
- Que las ideas previas más comunes sobre el concepto de fuerza son: los objetos permanecen en reposo a menos que una fuerza actúe sobre ellos, los objetos inanimados no ejercen fuerza, cuando un objeto cae no requiere de fuerza, una fuerza constante produce una velocidad constante, cuando varias fuerzas están en competencia el movimiento está determinado por la fuerza más grande, la magnitud de una fuerza determina el tiempo en el que se recorre una distancia, una fuerza no puede mantener a un objeto acelerado indefinidamente y una fuerza sólo puede mover un objeto si es mayor a la masa del objeto.

Lo dicho en los apartados anteriores y las distintas teorías sobre el cambio conceptual, permite argumentar que el diseño de una estrategia adecuada para “enseñar” y relacionar los conceptos de fuerza y movimiento, debe tratar de respetar las siguientes pautas:

- El concepto de fuerza se debe enseñar de manera que sea consistente con la experiencia vivencial de los alumnos y con sus creencias, de forma que le permita resolver situaciones problemáticas que cualquiera de las ideas previas sobre este concepto no lo puedan hacer.
- La nueva explicación que se intente acerca de lo que es la fuerza, debe intentar generar un conflicto cognitivo con las predicciones del alumno, basadas en cualquiera de las ideas previas sobre fuerza.
- Los docentes deben tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes como punto referencial, tanto para la planificación de actividades didácticas de aprendizaje como en el desarrollo del tipo de evaluación. Se deben desarrollar técnicas de evaluación que le permitan al docente indagar el grado de evolución conceptual alcanzado por el estudiante, luego de la intervención didáctica. Esto conduce a propiciar nuevas líneas de investigación, fundamentalmente centradas en el docente, que intenten dar respuesta a preguntas como: ¿De qué forma toman en cuenta los docentes las ideas previas de sus alumnos?, ¿Qué seguimiento les dan?, ¿Cómo las utilizan para el diseño de sus acciones didácticas en el aula?, ¿Qué implicaciones tienen para sus procesos de evaluación?, ¿Tienen los estudiantes, en algún momento, conciencia de sus ideas previas?

REFERENCIAS

- Campanario, J. M. y Otero, J. C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 155-169.
- Carrascosa Alís, 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.
- Flores, C. D., Bello, G. A. y Millán, D. F. A. (2002). Concepciones alternativas sobre las gráficas cartesianas del movimiento: el caso de la velocidad y la trayectoria. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 5(3), 225-250.
- Gutiérrez, E. y Capuano, V. (2008). Los experimentos cruciales en Física, la enseñanza de la Física y la resignificación conceptual. *Memorias en CD del VI CAEDI*, 17, 18 y 19 de septiembre. Salta, Argentina.
- Harres, J. B. S. (2005). La física de la fuerza impresa como referente para la evolución de las ideas de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(3), 1-5.

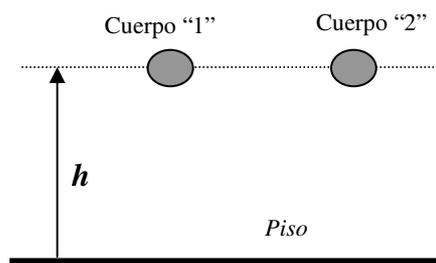
Mora, C. y Herrera, D. (2013). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(1), 13.

ANEXO (Preguntas P1, P2, P3, P4 y P5 del Cuestionario)

En las preguntas con opciones, indique con una "X" dentro del cuadrado, la/s afirmación/es con las cuales acuerde.

1. Se sueltan, simultáneamente y desde una misma altura "h", dos objetos designados como cuerpo "1" y cuerpo "2" de pesos P_1 y P_2 , respectivamente. Suponiendo despreciable el rozamiento de los cuerpos con el aire, indique con una "X" la/s afirmación/es con las que está de acuerdo:

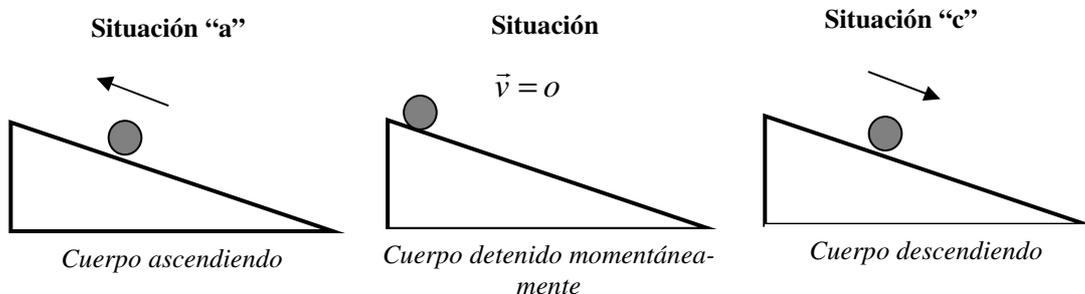
- Los cuerpos 1 y 2 llegarán juntos al suelo, solamente si tienen el mismo tamaño y si $P_1 = P_2$.
- Llegaría primero al suelo el cuerpo de menor tamaño, independientemente de sus pesos.
- Llegaría primero al suelo el cuerpo de mayor peso, independientemente de sus tamaños.
- Los cuerpos 1 y 2 llegarían simultáneamente al suelo, independientemente de sus pesos y sus tamaños.



2. Si se lanzan simultáneamente dos objetos, de igual peso y desde una misma altura "h", de tal modo que el primero (cuerpo "a") cae libremente en dirección vertical (partiendo desde el reposo), en tanto que el segundo (cuerpo "b") tiene una velocidad inicial \vec{v}_0 paralela al suelo horizontal ¿Cuál llegará antes al suelo? Explique.

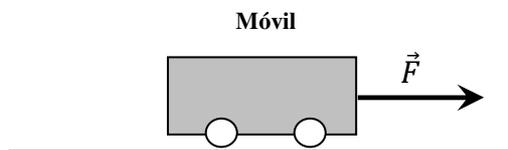


3. Dibujar en los siguientes esquemas, las fuerzas que actúan sobre un cuerpo de masa "m", que se mueve sobre un plano inclinado. El cuerpo asciende en la situación "a", llega a su posición de altura máxima en la situación "b" y está descendiendo en la situación "c".



4. La siguiente figura muestra un móvil que se desplaza sobre una superficie horizontal y se supone despreciable todo tipo de rozamiento con el piso y con el aire. Si la fuerza \vec{F} que actúa sobre el cuerpo se anula súbitamente, entonces se cumple que: (marque con una "X" lo que crea que ocurre)

- El móvil se detiene.
- El móvil se detiene durante un corto intervalo de tiempo, y luego retoma el movimiento.
- El móvil cambia la dirección del movimiento que traía.
- El móvil continúa moviéndose a velocidad constante.
- El móvil modifica su velocidad en una forma desconocida.



5. Dibujar, en los siguientes esquemas, las fuerzas que actúan sobre un cuerpo de masa “ m ”, que se mueve en el vacío según una trayectoria vertical. El cuerpo asciende en la situación “a”, alcanza su altura máxima en la situación “b” y está descendiendo en la situación “c”.

