

# La clase de física y las creencias de los estudiantes de preparatoria sobre el movimiento

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

José Luis Pérez Silva<sup>1</sup>, Andrea Miranda Vitela<sup>1</sup>, Antonio Garcés Madrigal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico. Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito exterior S/N, Cdad. Universitaria, Deleg. Coyoacan, México D.F.

E-mail: Pepito@aleph.cinstrum.unam.mx

(Recibido el 30 de junio de 2015; aceptado el 11 de noviembre de 2015)

## Resumen

En este trabajo presentamos la experiencia de una entrevista con estudiantes del tercer año de preparatoria acerca del movimiento. Nos preocupaba por qué los estudiantes tenían tantos problemas para entender los conceptos fundamentales de la Mecánica Clásica, por lo que nos propusimos estudiarlos en un ambiente lo más separado posible de la estructura escolar, de tal manera que la entrevistadora fuese una persona muy joven que pudiera integrarse a ellos y que además no tuviera un fuerte preparación en física para que no pudiera influir las ideas de los estudiantes. Los resultados que obtuvimos y fracciones de los diálogos se presentan en el trabajo. Sin una idea física del movimiento la mecánica no tiene sentido para los estudiantes.

**Palabras clave:** Enseñanza de la Mecánica, Física Educativa, Creencias de los estudiantes, Ideas de Movimiento, Clase de Física.

## Abstract

In this paper we present the experience of an interview with high school third year's students about movement. We were concerned because students had so many problems understanding the fundamental concepts of classical mechanics, so we propounded to study them in an environment as withdrew as possible from the school's structure, such way that the interviewer was a very young person that could integrate with them and without a solid knowledge of physics so she could not influence the students' ideas. The results we got and samples of the dialogues are presented in the work. Without a physical idea of movement, mechanics makes no sense to students.

**Keywords:** Teaching of Mechanics, Educational Physics, Students' Beliefs, Ideas of motion, Physics class.

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de 40 años de enseñar física en diferentes grados desde preparatoria, primeros años de facultad y hasta posgrados, me he dado cuenta de que los estudiantes tienen muchos problemas para entender y operar los conocimientos de física que les impartimos en las cátedras. La forma más clara de percibir lo anterior son los resultados de los exámenes que tienen que presentar para aprobar el curso, aunque a lo largo de éste hallan resueltos guías de problemas, prácticas de laboratorio, y demás auxiliares que se emplean para ayudarlos a aprobar su curso y lograr un conocimiento de la física en ellos.

A lo largo de estos años con mi grupo de colaboradores hemos desarrollado mucho material experimental, para que la experiencia en el laboratorio no sea demostrativa, hemos desarrollado cursos multimedia para apoyarlos desde su casa en su clase, pero la mejoría que hemos percibido en los estudiantes es de hecho marginal año con año. Al darnos cuenta de que en nuestro tiempo todo lo hacen vía la Web, y que las tareas se convertían en un cortar y pegar de sitios como Wikipedia, decidimos realizar una enciclopedia de la física que ellos pudieran revisar en línea, pero de nuevo nuestra mejoría fue marginal.

Pudimos editar un libro de texto de física para el bachillerato, en el cual incluimos materiales en un disco compacto, incluyendo la enciclopedia, pero lo que nos dimos cuenta es que el disco fue sólo un sustituto del libro impreso, el cual no permite cortar y pegar. Lo vimos como un éxito, ya que el disco que tenía el libro se podía conseguir en la piratería fuera de las escuelas, a 10 pesos mexicanos. El libro con el disco en las librerías costaba 230 pesos mexicanos. El disco pirata se convirtió en el libro de texto. No cambió la realidad, ni hubo una mejoría en ellos, ni hubo regalías por el libro.

Nos preguntamos qué hacer, donde estaba el problema fundamental, ya que todo lo que habíamos estudiado acerca de la enseñanza de la física, y de epistemología de la misma, según nosotros lo habíamos aplicado en todos los materiales.

Este hecho, nos llevó desde experimentar con ellos en las aulas laboratorio para desarrollar teóricamente los conceptos hasta el planteamiento y solución de problemas, por lo que nos propusimos estudiar cuales eran las creencias que podíamos encontrar en ellos acerca de conceptos como el movimiento.

Nos gustaría aclarar que entre las herramientas que empleamos estaban los métodos por cuestionario que se usan en la mayoría de los artículos publicados acerca del tema (Roger y Freyberg, 1998; Clement, 1982; Champagne y otros, 1980; Minstrell, 1982; Heuvelen, 1991; McDermott y otros, 1987; Trowbridge, 1981; 1980), pero nos dimos cuenta que no era lo que en el aula percibíamos de los estudiantes. Lo que nos llevó a cuestionarnos si lo presentado es o no válido. Nos planteamos varios cuestionarios que les presentamos en diferentes grupos de clase, y lo que pudimos encontrar fue que básicamente contestaban los cuestionarios en la esperanza de una respuesta correcta para el profesor, pero en ningún momento sus ideas acerca de las preguntas. La forma del cuestionario, y la circunstancia en la cual eran puestos los alumnos, independientemente de que se dijera que no era un examen y que contestaran lo que ellos pensaban, los llevan a sentir la presión del examen y por lo mismo contestar en el sentido de lo que, para ellos, espera el profesor.

Nos fue claro que si a una de las preguntas planteadas le poníamos tres posibles respuestas a seleccionar, los estudiantes decidían por la que a su parecer era la mejor opción de respuesta para el profesor, no necesariamente para ellos. El sistema escolar los ha acostumbrado a este tipo de interrogaciones en las cuales está en juego un valor, su calificación.

Encontramos que algunos estudiantes daban una respuesta concordante, en más de un caso, de las preguntas del cuestionario, y nos preguntamos si la idea detrás era propia o es lo que ellos habían entendido de sus cátedras. No encontramos estadísticamente respuesta a la pregunta, ya que en todos los casos de discordancia entre respuestas de un estudiante, encontramos concordancias en las repuestas con otro estudiante. Luego podemos inferir de los resultados todo lo que deseamos sin poder tener una prueba formal de si las inferencias hechas a partir de los resultados son propias de los estudiantes o esperanzas de respuesta válidas para los profesores que ponen el cuestionario. En concreto, el examen.

Algo que nos quedó claro es que para ellos la encuesta es un examen y bastan como ejemplo las siguientes preguntas realizadas a los investigadores:

¿Cómo cuenta en la calificación final?

¿Porqué examen?, no nos avisaron.

Al terminar la encuesta los estudiantes preguntan a los investigadores: ¿Cómo nos fue?

Esto nos da a entender que sin importar lo que se les dijo antes de poner el cuestionario, ellos se sentían en un examen.

En muchos de los exámenes presentados para evaluar las llamadas ideas previas, se da por sentado que para el estudiante tienen sentido claro las preguntas que se presentan y las posibles respuestas que se presentan a seleccionar cuando estas están amarradas a los temas de la clase. Esto a nuestro parecer es un examen, y las posibilidades de significado de las creencias no se pueden fundamentar de esa forma, por ejemplo: ¿los estudiantes tienen una creencia de vector?, si los cuestionamos sobre eso, ¿qué información tenemos acerca de lo que creen? Si deseamos que nos digan qué sucede cuando un objeto sube por una cuesta, ¿tiene sentido ponerles flechas, vectores, hacia arriba y hacia abajo, o a un lado? De nuevo, los estudiantes nunca, como nosotros, antes de la escuela pensaron o tuvieron idea, previa o no, de lo que era un vector. ¿Qué información podemos obtener de esto? A nuestro parecer lo que han entendido de la representación de vectores, pero nada acerca de lo que creen que es el movimiento que se les presenta.

Para poder verificar el supuesto realizamos encuestas antes de que estudiáramos vectores, pero haciendo notar que en los cursos anteriores ya habían estudiado este tema, y después de ver el tema realizamos exámenes en este contexto y los resultados fueron del mismo tipo, no encontramos diferencias significativas entre los resultados de la encuesta y el examen. Lo bien contestado y lo mal contestado se replica. Es importante aclarar que en el examen se cambiaron las preguntas, pero sólo en forma. En concreto lo que no

está presente en la encuesta, tampoco está presente en el examen. ¿Esto permite pensar que los estudiantes creen en lo que contestan? Para nosotros evidentemente no. ¿Cuáles entonces son las ideas previas?

Se han presentado discusiones sobre el currículo de algún curso y si la secuencia presentada en ellos es la mejor para los estudiantes, por ejemplo si las ideas de desplazamiento y velocidad deben anteceder a las de aceleración, ya que en los estudiantes la fuerza está siempre presente en el movimiento.

A nuestro parecer, no, porque el hecho de que la fuerza, que ha sido extraída como causa del movimiento por los estudiantes esté presente en nuestras estadísticas, significa que sea una idea de los estudiantes, y además algo que debemos preguntarnos es si la idea de fuerza de los estudiantes es la misma que se tiene en física.

Antes de preguntar si la fuerza es o no causa del movimiento decidimos averiguar lo que para ellos es moverse. ¿Qué sentido tiene lo demás sin una idea clara del movimiento? ¿Qué sentido tiene para ellos el reposo? ¿Qué sentido tiene para ellos el cambio?

## **II. MONTAJE DE LA EXPERIENCIA**

Con todos los elementos y las estadísticas obtenidas nos dimos cuenta que no correspondían los resultados con lo que se presentaba en la clase, por lo que decidimos preparar un laboratorio con una cámara de Gesell, que nos permitiera observar a los estudiantes fuera de la circunstancia del aula y además propiciara un diálogo entre ellos, para poder ver como discutían y defendían sus argumentos, ya que en la ciencia, y en su justificación, la argumentación ejerce un papel fundamental como elemento estructural del lenguaje de la ciencia (Jiménez-Alexandre y otros, 2000). Así, conforme señalan Naylor y otros (2007), esta relación entre argumentación y ciencia sugiere que la argumentación debería ser una parte importante de la educación en ciencias, por lo que deseábamos ver en qué forma se daba esta, porque también creemos que los argumentos y la forma de discurso nos permite explorar la formas lógicas de su pensamiento. Para establecer las formas lógicas es necesario que los alumnos aprendan a argumentar para tener más herramientas que les permitan abordar mejor el contenido científico (Driver y otros, 2000).

Para poder alejar aún más la experiencia de una clase, decidimos preparar a una estudiante de maestría en biología de apariencia muy juvenil y que no tenía un amplio conocimiento de física, para que pudiera acercarse a ellos en la interrogación sin que permitiera a los estudiantes detectar un profesor en ella. Esto nos permitiría el manejo de un lenguaje cercano al de ellos, además de no marcar una tendencia clara a la explicación, ya que la física no es un tema de especialidad para ella. Nos pareció importante este punto ya que muchas veces no manejar bien la forma expresiva de los estudiantes nos lleva a malas interpretaciones.

Montamos el laboratorio con su propio baño, una pequeña sala, y una mesa de trabajo, para darle una apariencia diferente a la de un salón de clase. Detrás del sistema de Gesell colocamos cámaras de video y videograbadoras para poder filmar todo lo que se diera en el laboratorio. Se equipó a la entrevistadora con un sistema de comunicación que permitía a los investigadores poder hacer preguntas o retomar algunas ideas de los estudiantes para analizar su consistencia. Debemos aclarar que desde que conocían a la entrevistadora esta tenía el sistema de intercomunicación, y cuando era cuestionada por ellos, les decía que era una ayuda auditiva que requería para oír bien.



**FIGURA 1.** Los estudiantes tratando de explicar sobre el movimiento.

Colocamos sobre la mesa un riel de canal, una regla graduada de un metro de longitud, un cronómetro, y hojas de papel con lápices. Los estudiantes nunca cuestionaron a la entrevistadora acerca de este material, pero se dejó para que los usaran cuando quisieran para defender sus ideas. Entre las cosas que deseábamos ver, si se presentaba, era el hacer algún experimento y medir.

### III. ENTREVISTA CON LOS ESTUDIANTES

La entrevista que realizamos fue acerca del concepto de movimiento, ya que deseábamos saber qué es lo que los estudiantes creen acerca de él. Los estudiantes eran de tercer año de preparatoria, E1, E2, y E3, y nuestra entrevistadora (E). En la figura 1 se muestra un fotograma del video con la sala de trabajo.

Presentamos un extracto muy interesante del diálogo:

Los estudiantes ya están en la sala y están jugando con las cosas sobre la mesa, entra la entrevistadora a la sala:

E.- ¿Qué haces, cuéntame?

E3.- Nada es que hoy hicimos una práctica parecida a ésta.

E.- A poco de ¿qué?

E3.- Para checar la velocidad.

E2.- Tipo parabólico.

E3.- Perdón, fue parecido.

Mueven el riel.

E3.- Es de acá para acá.

E1.- Más bien al revés.

Colocan el riel con la rampa en sentido contrario.

E.- O sea, cuanta diferencia, y si lo volteamos ya está.

Lo coloca en plano inclinado con la rampa hacia abajo.

E1.- Al puro tiro.

Algo significativo fue el hecho de que hubieran realizado antes un práctica de este tipo, de la cual lo único evidente era en sus palabras, checar la velocidad, y de esto llegaron al tiro parabólico, ¿cómo? No tenemos respuesta, ya que el manejo que tuvieron del riel nos permitió darnos cuenta que lo que buscaban era que el balón saliera disparado fuera del riel al aire. Tal vez fue la forma en la que realizaron su práctica de tiro parabólico en la escuela. Si lo que hicieron fue algo equivalente a lo que estaban manipulando, surge la pregunta ¿qué pueden obtener de una experiencia así respecto del tiro parabólico?

La entrevistadora les dice:

E.- Siéntense, donde quede libre yo me siento.

E2.- Si es por el peso, supongo que es una tercera parte del peso.

E.- ¿Qué estás haciendo?

E3.- Queremos checar los pesos ¿no?

La idea de los pesos está relacionada con el hecho de que una masa mayor tiene más de todo, cae más rápido, se mueve más rápido etc. De nuevo creencias de su experiencia a la relación más-más. Las relaciones directas, como las del tipo más-más, son evidentes para el estudiante en su vida diaria, a más dinero más se puede comprar, a más estudio mejor calificación, etc. Todo lo que lleva al estudiante a aceptar esta forma de relación, son los hechos de su vida, incluyendo la ciencia. Sin embargo la interpretación gráfica, las relaciones de función, las representaciones más-menos, etc., no son claras en su verdadera concepción de la realidad.

La entrevistadora los centra en el tema que deseamos explorar.

E.- Pues no, la verdad es que queremos checar el movimiento. ¿Qué es movimiento?

E1.- Es el desplazamiento que tiene el cuerpo.

E2.- Cuando se le aplica una fuerza.

E.- Guau. Qué científicos son ustedes y en palabras reales.

E1.- Cambiar de lugar.

E3.- Cambiar de lugar.

E2.- Cambiar de posición.

E3.- Se cambió de posición más no de lugar.

E.- Cambio de posición, a ver de aquí a acá, éste está aquí (lo mueve) y ahora está acá, cambio de posición.

E2. y E3.- Relativamente.

E1.- Lo mueve esto si es movimiento.

E3.- No.

E2.- Eso es movimiento.

E.- Mueve el cronómetro y pregunta ¿Esto no es movimiento?

E1.- También es movimiento.

E3.- Mueve el cronómetro y dice: pero aquí hay un rozamiento.

E.- Aquí hay un rozamiento y por eso se mueve.

E1. y E2.- No.

E1.- No porque le estoy aplicando una fuerza. Lo carga y dice: aquí también le estoy aplicando una fuerza y lo estoy desplazando a otro lugar.

En este diálogo es clara la idea de la presencia de fuerzas para el movimiento. Nos gusta aclarar que para el movimiento, pero la idea de cambio de movimiento no es presente entre sus ideas, la idea de cambio no es directa en los estudiantes, como ya lo habíamos notado antes en los cursos impartidos, tanto en la Facultad de Ciencias, como en la de Ingeniería, como en el bachillerato de la UNAM, para los estudiantes se requiere de una fuerza para que un cuerpo se mueva. Moverse aparentemente es partir del reposo, por lo que la presencia de la fuerza se requiere, pero sólo eso.

E.- Para tener movimiento debe haber un cambio de posición. ¿Forzoso?

E1, E2, E3.- Si.

E3.- No, porque a lo mejor lo podemos mover y sigue manteniendo la posición.

E2.- Con el cronómetro parado dice: De hecho ahorita se está moviendo.

E.- ¿Ahorita se está moviendo?

E2.- Sí.

E.- Yo sólo veo moverse, pero ¿cómo?

E2.- No porque estamos constantes a él.

E.- Ole, vamos a ver y toma un borrador y lo pone en la mesa. Ahorita se está moviendo.

E2.- Sí

E.- ¿No?

E1, E2, E3.- Si

E.- No

E3.- ¿Yo digo que no, pero a ver él?

E.- ¿Por qué se está moviendo? Pregunta a E3.

E3.- Si porque nos estamos moviendo con la Tierra.

E.- Ah, órale.

E3.- Es en el espacio.

En este diálogo hay cosas muy interesantes. La primera es que la idea de cambio es insertada en la discusión por la entrevistadora. Además de que al preguntar si es forzoso genera que los estudiantes respondan que sí. Detrás de la pregunta del profesor viene la respuesta a favor de él. En este caso la entrevistadora es vista como la líder. Surge la idea de que posición y moverse, no son lo mismo. Pero la idea de estar constante al objeto es bastante interesante. La secuencias de afirmaciones y negaciones entre los estudiantes y la entrevistadora, termina con la aceptación de E3, con la muy interesante respuesta de moverse con la Tierra. Otro punto claro de este diálogo que la constancia respecto del objeto se pierde de inmediato.

E.- Pone el cronómetro encima el borrador y pregunta. ¿Se está moviendo?

E1.- No.

E2.- Si.

E1.- Pues para el ojo humano a simple vista, no.

E2.- Para el ojo humano, no.

E1.- Golpea la mesa y dice: si le hago así vibra un poquito.

E.- Vibra y si vibra se mueve.

R, E1.- Si.

La idea de que para el ojo humano no se mueva es totalmente sorprendente, y más si la apoyamos con la idea de vibración, por lo que a la pregunta de la entrevistadora acerca de moverse contestan afirmativamente. Aquí recordamos lo que un niño de primaria decía respecto al movimiento de la Tierra al ser cuestionado; “la maestra dice que sí.”

E.- Ok. Vamos a hablar de cronómetro. ¿Se está moviendo? Mueve el borrador con el cronómetro arriba de él.

E2, E1.- Si.

E3.- No.

E.- ¿No se está moviendo?, ¿si se está moviendo?

E3.- Más bien se está desplazando.

E.- Se está desplazando y desplazarse es moverse o no.

E2.- Si.

E1.- Pero si yo le hago así (y lo mueve de un lado a otro), se cae el cronómetro.

E.- (Toma el borrador y lo mueve más rápido), si le hago más rápido ¿se mueve o no se mueve? (No se cae el cronómetro).

E3.- Si.

E.- Lo desliza más despacio.

E3.- No.

E2.- Si se mueve. Se mueve constante.

E3.- Actúa la inercia.

En este diálogo aparece la idea de desplazamiento, la respuesta de E1 es necesaria para fortalecer su postura de negación en contra de la afirmativa de sus compañeros. La idea de inercia se presenta, pero aplicada al movimiento que llaman constante. En apariencia la constancia del movimiento es una percepción del estudiante, y no una realidad física. ¿Por qué es constante cuando se mueve despacio?

E3.- Como se mueve rápido éste (el cronómetro), tiende a ejercer una fuerza. A esta causa, para esta acción hay una reacción, la acción es para adelante y la acción es para atrás, como que se queda ahí mismo.

E.- Se queda ahí mismo, vamos a ver. Si lo jalamos más rápido (se cae el cronómetro). ¿Qué fue eso?

E1.- Es un movimiento de los dos cuerpos.

E.- Se movieron los dos.

E3.- Es movimiento de los dos cuerpos.

E.- ¿No se movieron los dos?

E1, E3.- Si.

E2.- No.

E.- Pero aquí no se movía el de arriba. (Ambos borrador y cronómetro).

E1, E2, E3.- No.

E1.- Si se mueve, lo que el dice: mira si se le quedan viendo es el movimiento pero si se mueve. Es, pero si lo jala rápido (lo jala) actúa la inercia.

E2.- No se mueve junto a este (el borrador) pero a la hora de moverse, cae no como éste y la fuerza de gravedad los junta también se mueve éste (el cronómetro).

E.- ¿Por eso se mueve también?

E2.- Si.

En apariencia E2 aquí aplica la tercera ley de Newton y la relacionan con el estado de reposo. La palabra como, es claramente aplicada a la percepción que ellos tienen del hecho a partir de sus creencias. Es el movimiento el que aplica la fuerza y esto es porque se mueve rápido. De nuevo aparece la idea de inercia relacionada con el reposo. La idea de gravedad como causa se vuelve a presentar.

E.- Respecto de esto, cuando nos subimos a un pesero (transporte común usado en la ciudad, autobús pequeño) nos estamos moviendo con otros, dijo.

E1, E2, E3.- Si.

E1.- Si nos movemos porque el pesero va así (se empuja hacia adelante y hacia los otros) entonces se mueve.

E3.- Ella no se refiere a ese movimiento, de la casa tú fuiste sentado en el pesero todo el tiempo y llegaste a la escuela.

E.- Te moviste o no te moviste.

E3.- Estuviste sentado y no te moviste casi nada.

E1.- No.

E3.- No te desplazaste, no te moviste. Cambiaste de lugar más no de posición porque ibas sentado.

E1.- Porque a ti no te aplicamos una fuerza para que tú te movieras porque tú te subiste a un medio de transporte que se traslado y tú te subiste y lo único que hiciste fue sentarte, o irte parado.

E2.- Pero al trasladarse junto con el pesero el motor le está aplicando la fuerza al pesero y el pesero la fuerza a él y por eso también se traslada.

E.- Finalmente ¿nos movimos o nos movieron?

E2.- Si.

E3.- No.

Se vuelve a presentar la dicotomía entre movimiento y desplazamiento. La idea de la necesidad de fuerza para el movimiento, no para el cambio de estado, se vuelve a presentar. La diferencia entre posición y lugar de nuevo está presente. Para ellos no es lo mismo cambiar de lugar que de posición, por lo que al definir el movimiento no es claro para ellos, como no es claro cuando se dice que hay un cambio de posición en el movimiento, para nosotros es claro, pero para ellos no. Si cambia de posición no se mueve, porque no se desplaza.

E.- Aja (mueve le borrador con el cronómetro) ¿Cambio de posición?

E3.- No, no.

E1.- Cambio de lugar, cambiar de lugar un cuerpo aplicándole una fuerza.

E.- Estamos de acuerdo cambio de posición, los pasa (borrador y crono) a otro lado. Cambio de posición. ¿Cómo cambia de posición?

E3.- No, para mí no cambió de posición, para mí cambió de lugar nada más.

E.- ¿Qué cambio de posición? Cuéntame.

E3.- Nada

E.- Nada cambió de posición.

E3.- Es lo mismo.

E.- ¿Entonces cambiar de lugar no es cambiar de posición?

E1, E2, E3.- Si.

E.- Entonces ¿qué es cambiar de lugar? y ¿qué es cambiar de posición?

E3.- Cambiar de lugar es tener un movimiento el cual hace cambiar de sitio.

E1.- Es cambiar de posición un cuerpo su estructura sin cambiar nada, sino solamente acomodarlo de otra forma, moverlo un poco cambiarlo.

E.- ¿Eso es cambiar de posición?

E3.- Eso es cambiar de posición.

E1.- Aja y cambiarse de lugar también puede ser eso mismo y ponerlo en otro lugar.

E3.- Ponerlo en otro lugar.

E.- Posición es cuando hacemos rotaciones y lugar es cuando,

E1.- Traslado.

E3.- Traslado, Y eso cambiar lugar es hacer movimiento.

De nuevo la entrevistadora recurre al cambio, sin embargo la dicotomía entre posición y cambio de lugar en este diálogo es muy clara. Cambio de lugar es movimiento y cambio de posición no es movimiento. La idea de aplicar fuerza para el movimiento vuelve a aparecer. Traslarse es hacer movimiento, esto es importante ya que el movimiento se hace, por lo que podemos entender porque cambiar de lugar no es cambiar de posición.

E.- Bueno ya quedamos en que se mueve junto con ese, pero y ya está cambiando de lugar y está cambiando de desplazamiento y está cambiando de quien sabe cuanta cháchara pero la verdad es que ¿ustedes lo están viendo moverse? O sea ¿tú lo ves ahí moverse?

E1.- Si, y vamos a suponer que movemos ah... que será que ahora lo movemos así (desplaza el cronómetro sobre el borrador) ¿estamos de acuerdo que también se movió?

E.- ¿Qué se movió?

E2.- El cronómetro

E3.- El cronómetro respecto a este espacio.

E.- ¿A cuál espacio?

E.- Al borrador.

E.- Ok, entonces ya estamos con un respecto a ¿no?

E3.- Ajá.

E.- Entonces si yo lo muevo así (desplaza cronómetro sobre el borrador) tenemos,

E3.- Otro movimiento

E.- ¿Cómo se mueve?

E1.- Cambiando de posición.

E.- ¿Cambian de posición? Con respecto a..., o sin respecto

E2.- Con respecto al lugar donde estaba.

E.- Bueno ese si tiene respecto a o no tiene respecto a.

E3.- Si, si, si cambiaron de lugar respecto a....

E1.- Se mueven gracias a la fuerza que les aplica la caída de la gravedad.

En apariencia se pensó que los estudiantes podrían relacionar el movimiento respecto a algo, pero de nuevo se pierde la idea y regresamos a la idea de la gravedad como causa. La caída de la gravedad se explica porque sin contexto que les establezca una creencia fundamentada, lo que tienen es la relación de la causalidad de la gravedad con la caída de los cuerpos. Lo anterior es representativo de que la idea de fuerza tampoco está formada en ellos.

Esto mismo se realizó con grupos de diferente grado escolar, de hecho con cuatro grupos más uno de la clase del semestre de física I contra el cual se contrastaron las ideas planteándoselas a los estudiantes en forma de preguntas en clase y analizando sus respuestas. Se puede ver en uno de los diálogos como se perdió la imagen del profesor y apareció claramente el punto principal de la hipótesis de esta investigación: Una cosa es lo que el estudiante cree como real y otra es, lo que deseamos que nos crea en la clase. El diálogo es el siguiente:

Entrevistadora: Bueno, en concreto ¿qué es moverse?

Alumno: ¿Para nosotros, o lo que nos han enseñado?

También fue evidente que la necesidad de la medida no está presente en ellos, les basta lo que perciben. La construcción de la medida es también una necesidad.

#### IV. TRABAJO CON PROFESORES

Ante los resultados anteriores, nos cuestionamos si la visión que el profesor de física tiene acerca del movimiento es la que esperamos que tenga, o tiende más a semejarse a la de los alumnos.

Un análisis sobre esto fue llevado a cabo con la ayuda once profesores de física del bachillerato de la UNAM, que eran partícipes del curso de formación en nuestra institución. Parte de este curso estaba dedicado a valorar y hablar de sus estrategias de clase al dar a sus propios compañeros profesores una clase. En esas clases uno de los profesores del curso tuvo la participación de estudiante, y preguntaba a los profesores lo que encontramos en las entrevistas descritas en el punto anterior.

Cuatro grupos de profesores impartieron la clase sobre el tema del movimiento, empezando con la pregunta ¿Qué es el movimiento? ¿Cuál son las condiciones necesarias y suficientes para decir que un objeto se está moviendo? Todas las clases fueron filmadas y analizadas.

Los resultados fueron que el movimiento es un cambio de posición (lugar). Es importante notar que la idea sobre un punto de referencia o la presencia del tiempo como una medición no estaban per se en ellos. Fue necesaria la participación de los profesores en el papel de estudiantes para interrogar a los profesores y llegar al concepto de un punto de referencia aunque esto no fue conseguido ni formal ni rápidamente. A pesar de los esfuerzos la presencia del parámetro de tiempo nunca se les ocurrió hasta que el próximo razonamiento fue hecho.

Mostramos un extracto del diálogo de la clase. En este caso el profesor estudiante es el Profesor.

Profesor. (Cuando deja caer un borrador) ¿Por qué dicen que se movió?

Profesor 1. Porque cambió la posición con respecto a un punto fijo.

Profesor. ¿Por qué dice usted que cambió la posición?

Profesor 2. Porque antes estaba arriba y después abajo, sobre la mesa.

Profesor: ¿por qué pueden decir que antes estaba arriba y después abajo? ¿Cómo lo pueden aseverar?

(Silencio generalizado)

Profesor: ¿qué pasa entre antes y después?

Profesor 2. El tiempo pasó

Profesor: ¡El tiempo pasó! ¡Requieren el tiempo! Si entre el estar arriba y el estar abajo del borrador no hubiese transcurrido el tiempo, ¿Podrían hablar de un cambio de posición?

(Silencio)

Profesor: ¿Qué verían si el tiempo entre estar arriba y estar abajo del borrador es cero?

Profesor 4. Que entra en un instante

Profesor: No hemos definido qué es entrar en un instante, por lo tanto no podemos usar el argumento de del profesor 4.

Profesor 1. No, veríamos un cambio de posición.

Podemos ver de lo anterior que para los profesores, el movimiento en primera instancia es un cambio de posición (lugar) del objeto. Es importante hacer notar que la idea de un punto de referencia y la presencia del tiempo como medida nunca se dio per se en ellos, fue necesaria la intervención de los profesores en su papel de alumnos preguntando, para que se pudiera arribar de una forma no tan pesada, pero no inmediata a la idea

de un punto de referencia, sin embargo el parámetro tiempo no se presentó en ellos. Ninguno de los profesores en la clase cuestionó sobre el tiempo.

## **V. LOS RESULTADOS ENCONTRADOS**

Es claro de lo anterior que un mundo es el que vive el estudiante basado en su experiencia y otro es la realidad que se les presenta en la clase de física. Los significados de las palabras por lo mismo no son iguales. Cuando hablamos de movimiento lo que estamos presuponiendo como profesores al hacerlo y lo que está entendiendo el estudiante es diferente. Nosotros creemos que al estudiante le quedó clara la idea y sin embargo, en el sujeto existe una clara dicotomía entre lo que supuestamente opera y lo que cree que las cosas son. ¿Cómo esperamos que pueda construir una teoría de la física si normalmente ésta la opera fuera del contexto de su realidad?

Los estudiantes que entrevistamos son del tercer año de la escuela preparatoria, por lo que la idea de movimiento no es algo nuevo para ellos como puede ser en los niños de primaria, pero las respuestas que obtuvimos son muy cercanas a las de ellos.

Podemos sintetizar las ideas de movimiento en los estudiantes, en los siguientes puntos:

1. Toda la idea del movimiento, para ellos, es desplazamiento.
2. Para ellos no es lo mismo cambio de lugar que cambio de posición. La idea de lugar no es lo mismo que la idea de posición.
3. No existen puntos de referencia para hablar de que algo se mueve. La idea de un marco de referencia no existe y por lo mismo su necesidad tampoco. Esto es formalmente diferente al respecto a del diálogo, que nunca aclaran.
4. No existe la relación del movimiento con el tiempo. Los cuerpos pueden cambiar fuera de este parámetro.
5. La fuerza es una necesidad para el movimiento. Porque existe fuerza se mueven las cosas. ¿Cómo pueden entender la primera ley?
6. No requieren medir en sus experiencias.
7. La gravedad la relacionan con la caída.
8. La única relación que manejan es la relación a más, más. Las relaciones a más, menos o a menos, más, nunca están presentes en ellos.
9. No existe en toda la discusión una estructura lógica de razonamiento. Los estudiantes pueden saltar entre ideas sin reflexión lógica de ningún tipo, ni argumentos estructurados.
10. Las causas que se presentan son empíricas, o respuestas que sin forma causal en su relación aparentan serlo.
11. La idea de reposo como carencia de fuerzas es clara en los estudiantes. Por eso aparece algo como la tercera ley de Newton en su discurso. Reposo igual a fuerzas iguales en sentido contrario. Una investigación interesante en el caso de reposo está en (Minstrell, 1982).

Podemos entender porque para ellos no es lo mismo cambio de lugar que de posición. La posición implica una forma de estar en un lugar, por ejemplo sentado, en posición militar de firmes o de descanso. Ellos han relacionado la posición con estos hechos, así puedo estar en diferentes posiciones en el mismo lugar. Cambiar de lugar es desplazarse, ir a otra parte, lo que implica que se movió. Pero me castigan si se mueve en la posición de firmes, el profesor le llama la atención y le dice: no se mueva que está en firmes. Esta clara diferencia de estado la podemos ver en la discusión acerca del camión. Se mueven o no.

Si el movimiento implica al cambio de lugar, el estudiante al ir sentado en el camión no se está moviendo, ya que él está en el mismo lugar, aunque el camión lo traslade de su casa a la escuela. Es claro que la referencia espacial no es necesaria para ellos, pueden describir en un lenguaje común su experiencia.

Si a lo anterior le sumamos la ausencia del tiempo en los cambios, cambian las cosas pero no en el tiempo, por lo menos en forma explícita, ¿Cómo construir en ellos el concepto de velocidad? Lo anterior nos evidencia porque para ellos lo más rápido es lo que llega primero sin importar condición inicial de ningún tipo.

## **VI. CONSIDERACIONES FINALES**

Es claro que tenemos la necesidad de realizar acciones que lleven a los sujetos a condiciones tales que les permita construir estos conceptos fundamentales y no darlos por evidentemente conocidos, porque es falso.

Si para el profesor de bachillerato tampoco es clara la idea de movimiento, es imposible que perciba en sus alumnos este problema, ya que tampoco para él, la necesidad de un punto de referencia y sobre todo la presencia del tiempo es directa. Podemos concluir que algunos de los puntos que son las ideas acerca del movimiento de los estudiantes, están también presentes en los profesores, incluyendo algunos con una maestría en física.

Lo que encontramos tanto en profesores como en estudiantes nos ha llevado a replantear la forma en la cual estamos enseñando la Mecánica Clásica y esto nos ha permitido trabajar en cursos y experiencias que permitan al estudiante mejorar su concepto de movimiento, la necesidad de medida, etc. En los cursos impartidos a partir de la experiencia de las entrevistas, hemos realizado más con estudiantes de diferentes grados, incluyendo alumnos de las Facultades de Ciencias e Ingeniería de la UNAM y de Universidades incorporadas a ella, y de sus resultados hemos incluido discusiones acerca del movimiento, hemos buscado que a partir de esta nueva concepción de movimiento, los estudiantes se vean en la necesidad de medir para modelar una realidad, lo que nos llevó a usar los experimentos como método de acercamiento conceptual y no como comprobación de la teoría, lo que nos ha dado resultados ya no marginales.

En un curso de último año de preparatoria y otro de primer año de facultad, uno de física y otro de Mecánica en la Facultad de ingeniería, notamos que el número de estudiantes que lo aprobaron fue de un 70%, en comparación del 20% al 25% de los cursos que se impartían antes.

## AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a Francisco Cabiedes Contreras por las valiosas consideraciones en Epistemología y Filosofía de la enseñanza.

## REFERENCIAS

Champagne, A. B., Klopfer, L. E. y Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics, *American Journal of Physics* 48, pp. 1074-1079.

Clement, J. (1982), Students' preconceptions in introductory mechanics, *American Journal of Physics* 50, pp. 66-71

Driver, R., Newton, P. y Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), pp. 287-312.

Heuvelen, A. V. (1991). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies, *American Journal of Physics* 59, pp. 891-897.

Jiménez-Aleixandre, M., Rodríguez, A. y Duschl, R. (2000). «Doing the Lesson» or «Doing Science»: Argument in High School Genetics. *Science Education*, 84(6), pp. 757-792.

McDermott, L. C., Rosenquist, M. L. y Van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics, *American Journal of Physics* 55, pp. 503-513.

Minstrell, J. (1982). Explaining the at rest condition of an object, *Physics Teacher* 20, pp. 10- 23.

Naylor, S., Keogh, B. y Downing, B. (2007). Argumentation and Primary Science. *Research in Science Education*, 37(1), pp. 17-39.

Roger O. y Freyberg, P. (1998). *El aprendizaje de las ciencias, Influencia de las ideas previas de los alumnos*. Madrid: Narcea S.A. de ediciones.

Trowbridge, D. E. y McDermott, L. C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension, *American Journal of Physics* 48, pp. 1020-1028.

Trowbridge, D. E. y McDermott, L. C. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension, *American Journal of Physics* 49, pp. 242-253.